TUTTO_MISURE

LA RIVISTA DELLE MISURE E DEL CONTROLLO QUALITÀ - PERIODICO FONDATO DA SERGIO SARTORI
ORGANO UFFICIALE DELL'ASSOCIAZIONE "GMEE" E DI "METROLOGIA & QUALITÀ"

ANNO XII
N. 03
2010

GRUPPO MISURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE

AFFIDABILITÀ & TECNOLOGIA

TUTTO_MISURE - ANNO 12, N. 03 - 2010

Poste Italiane s.p.a. - Sped. in Abb. Post. - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1, comma 1, DCB Torino - nr 3 - Anno 12 - Settembre 2010
In caso di mancato recapito, inviare al CMP di Torino R. Romoli per restituzione al mittente, previo pagamento tariffa resi

TUTTO_MISURE

IN QUESTO NUMERO

Formazione in metrologia: verso un approccio moderno

Training in metrology: towards a modern approach

A. Calcatelli

179

Robotica, misure e visione

Robotics, measurements and vision

D. Passoni

201

Alcuni contributi italiani alla metrologia in chimica

Relevant italian contributions to metrology in chemistry

F. Durbiano
M. Sega

229

Sviluppo di campioni e procedure per la verifica metrologica di uno scanner laser 3D

Development of standards and procedures for the metrological verification of a 3D laser scanner

R. Novello

233

Franco Docchio

È tempo di semina!

It's seeding season!

Cari lettori!
L'autunno è tempo di semina per definizione. Uno dei compiti che la rivista ha assunto grazie al suo fondatore, e che le sono riconosciuti dai suoi portatori d'interesse, è la disseminazione della formazione e della cultura in metrologia. Giovani preparati a conoscere le misure e a saperle fare, quadri dirigenti esperti nella misura e nella valutazione di un'incertezza, laboratori di taratura, ufficiali metrici consapevoli: queste sono le sfide che gli Enti preposti alla formazione, ma anche le Università e, nel loro piccolo, i collaboratori della Rivista devono saper giocare e vincere, per consentire alle Imprese di competere in Europa e nel mondo.
Dunque il tema principale di questo numero è la Formazione in Metrologia, prendendo spunto da una delle Tavole Rotonde di Affidabilità & Tecnologie 2010. Dai primi tre articoli, coordinati da Anita Calcatelli, si evince (nessuna sorpresa) il bisogno di una formazione più capillare e più profondamente radicata nei vari ordini scolastici, partendo dalla "formazione dei formatori". Si evince anche il bisogno di un forte coordinamento di tutte le attività formative da parte di un Ente quale può essere l'Istituto Metrologico Nazionale, a fronte dell'attuale parcellizzazione e frammentazione delle attività formative, da quelle in Metrologia Legale e quelle erogate alle PMI. Tutto_Misure può, e vuole, fornire un contributo qualificante, informando e formando. Informando su questo processo di disseminazione della cultura della misurazione; formando mediante contributi propri. Due di questi contributi alla "cultura di base" sulla metrologia sono gli articoli che seguono, dei colleghi Bich e Sartori, che in termini semplici, ma con lucidità (e anche con un po' di scetticismo, in un caso) affrontano l'argomento dell'evoluzione del Sistema Internazionale.
L'attualità della discussione concernente la Metrologia Legale è ulteriormente sancita dall'ottimo articolo di Alessandro Ferrero e Veronica Scotti sui moderni e innovativi aspetti della "nuova" Metrologia Legale. Il tema sarà poi, nei prossimi numeri, ripreso in una rubrica che spero acquisti carattere di permanenza con contributi degli esperti del settore.
Fanno cornice a questo "piatto forte" articoli d'indubbio interesse quali quello di Passoni sul moderno e "scottante" tema della visione come elemento sempre più indissolubilmente associato alla Robotica, e quello dei colleghi di Bari sulle misure per la caratterizzazione di strumenti per la misura di flusso. Moderni Laboratori di misura e nuovi prodotti industriali da parte di start-up universitarie fanno bella mostra di sé, a riprova della vitalità del settore e come possibile stimolo ad altri laboratori o start-up affinché "si facciano vedere".
Dal punto di vista associativo, senza attendere che lo facciano altri, vorrei sottolineare che, mentre questo numero va in spedizione, nell'Assemblea del GMEE contestuale al Congresso annuale a Gaeta sarà formalizzato il passaggio delle consegne tra il Presidente uscente Ferraris e il Presidente entrante Betta. Un sentito grazie al primo e un caloroso augurio al secondo, anche in vista delle sfide titaniche che attendono l'Università Italiana e il mondo dei misuristi nel prossimo futuro.
Il mio Editoriale sull'ultimo numero della rivista telematica (**www.affidabilita.eu**) conteneva una richiesta di aiuto. Continuo a sollecitare interventi dei lettori, che volentieri pubblicherò sui prossimi numeri.
Buona lettura e buona ripresa!

Franco Docchio

La Redazione di Tutto_Misure (franco.docchio@ing.unibs.it)

Ricerca e Sviluppo nel campo delle Misure e della Strumentazione

R&D IN MEASUREMENT AND INSTRUMENTATION
This article contains an overview of relevant achievements of Italian R&D groups in the field of measurement science and instrumentation, at both theoretical and applied levels. Sources of information are the main measurement-related journals, as well as private communications by the authors. Industries are the main targets of this information, as it may be possible to find stimuli towards Technology Transfer.

RIASSUNTO
L'articolo contiene una panoramica dei principali risultati scientifici dei Gruppi di R&S Italiani nel campo della scienza delle misure e della strumentazione, a livello sia teorico sia applicato. La fonte delle informazioni è costituita dalle principali riviste di misure e da comunicazioni private degli autori. Le industrie sono i primi destinatari di queste notizie, poiché i risultati di ricerca riportati possono costituire stimolo per attività di Trasferimento Tecnologico.

RICERCA DI BASE IN METROLOGIA

Dall'I.N.Ri.M. la determinazione indiretta del punto del Rame

M. Battuello[1], M. Florio, F. Girard: **Indirect determination of the thermodynamic temperature of the copper point by a multi-fixed-point technique**. Metrologia 47 (3), 231, 2010.

All'I.N.Ri.M. è stata effettuata la determinazione indiretta della temperatura termodinamica del punto fisso del rame attraverso la misura di quattro celle, con un termometro a radiazione di precisione al Si e uno all'InGaAs, con scale termodinamiche fino al punto dell'Ag. È stato trovato un valor medio di T_{Cu} = 1 357,840 K, con incertezza standard di 0,047 K. Ne è derivato un valore di $(T - T_{90})_{Cu}$ di 70 mK, che è più alto di 18 mK ma consistente rispetto a quello disponibile attualmente come elaborato dal CCT-WG4.

Determinazione della Costante di Boltzmann mediante la misura della velocità del suono dall'I.N.Ri.M.

M. Gavioso, G. Benedetto, P.A. Giuliano Albo, D. Madonna Ripa, A. Merlone, C. Guianvarc'h, F. Moro, R. Cuccaro[2]: **A determination of the Boltzmann constant from speed of sound measurements in helium at a single thermodynamic state**. Metrologia 47 (4), 387, 2010.

Sono riportate misure acustiche e a microonde su un campione di elio purificato mantenuto in prossimità di un singolo stato termodinamico (T_{exp} ~ 273,16 K, p_{exp} ~ 410 kPa) all'interno di una cavità sferica di acciaio inox del volume di 2,1 l. Da queste misure e da un calcolo *ab initio* della non-idealità e dell'indice di rifrazione dell'elio, si è determinato un valore per la costante di Boltzmann k_B che è consistente con il valore CODATA 2006 raccomandato di: $(k_B - k_{2006})/k_{2006} = (-7.5 \pm 7.5) \times 10^{-6}$. Si discutono gli attuali limiti dell'esperimento e le prospettive di una futura ulteriore riduzione dell'incertezza associata alla determinazione di k_B.

STRUMENTAZIONE DI MISURA

Algoritmo di campionamento adattivo per sensori wireless dal Politecnico di Milano

Manuel Roveri

C. Alippi, G. Anastasi, M. Di Francesco, M. Roveri[3]: **An adaptive sampling algorithm for effective energy management in wireless sensor networks with energy-hungry sensors**. IEEE Trans. Instrum. Meas. 2, 335-344, 2010.

L'assunzione, per le reti wireless di sensori, che l'energia richiesta per acquisizione e processing dei dati sia molto inferiore a quella per la loro trasmissione non vale in molte condizioni sperimentali. Nell'articolo è dunque proposto un algoritmo che effettua una stima on-line della frequenza di campionamento ottima per sensori, al fine di ottimizzare il consumo di energia degli stessi e nel contempo quello della trasmissione, pur mantenendo un'elevata accuratezza. Simulazioni per il caso di un sensore di neve indicano la possibilità di ridurre del 79% il consumo rispetto ai metodi di campionamento tradizionale.

Microscopio ottico a campo vicino dal CNR

G. Longo, M. Girasole, G. Pompeo, R. Generosi, M. Luce, A. Cricenti[4]: **A multipurpose hybrid conventional/scanning near-field optical microscope for applications in materials science and biology**. Meas. Sci. Technol. 21 (4), 5502, 2010.

È presentato un microscopio a campo vicino ibrido convenzionale/a scansione, accoppiando un

microscopio ottico invertito Olympus IX-70 con una testa SNOM. La testa può operare in modalità *shear* o *tapping* ed è ottimizzata per caratterizzare campioni biologici in ambienti fisiologici come cellule viventi, inserendo la testa SNOM in una camera cilindrica che la isola dal rumore esterno e mantiene temperatura e atmosfera controllate.

La sicurezza delle banconote da Roma 3

G. Schirripa Spagnolo, L. Cozzella, C. Simonetti[5]: **Banknote security using a biometric-like technique: a hylemetric approach**. Meas. Sci. Technol. 21 (5), 5501, 2010.

La sicurezza delle banconote è un aspetto molto critico e risolto in molti modi complessi nel passato. Il contributo del lavoro consiste nel proporre un nuovo approccio di protezione delle banconote e la verifica della loro originalità mediante l'idea dell'ilemetria (tecnica concettualmente simile alla biometria). La caratteristica ilemetrica è in questo caso il pattern di distribuzione casuale delle fibre metalliche di sicurezza delle banconote inserite nella carta delle stesse. La soluzione permette l'identificazione di una banconota originale mediante una sequenza binaria derivata dalla banconota stessa.

Sonda tattile vibrante dall'Università di Catania

P. Brunetto, L. Fortuna, P. Giannone, S. Graziani, F. Pagano[6]: **A resonant vibrating tactile probe for biomedical applications based on IPMC**. IEEE Trans. Instrum. Meas. 59 (5), 1453-1462, 2010.

È presentata una sonda tattile vibrante, che sfrutta la variazione della frequenza di risonanza al variare del carico e quindi del materiale a contatto. Due strip composite metallo-polimero sono usate (IPMC) una come attuatore e una come sensore. L'attuatore forza il sistema alla risonanza in condizioni che, come detto, variano al variare del materiale a contatto. Il segnale in uscita dal sensore IPMC contiene le informazioni richieste per la stima del materiale a contatto. Il sensore è adatto per varie applicazioni biomedicali, quali cateterismo e resezione chirurgica di tumori.

Metodo di misura della distribuzione modale in fibre ottiche dal Politecnico di Torino

M. Olivero, G. Perrone, A. Vallan[7]: **Near-Field measurements and mode power distribution of multimode optical fibers**. IEEE Trans. Instrum. Meas. 59 (5), 1382 – 1388, 2010.

Alessandro Vallan

Il lavoro analizza il contributo d'incertezza nella valutazione della MTF e MPD di fibre multimodali (MMF). La valutazione di questi parametri è effettuata mediante una procedura attualmente testata nel quadro di un *round robin* internazionale per diventare standard riconosciuto. MTF e MPD sono valutate utilizzando tecniche di misura a campo vicino (NF). Il lavoro investiga gli effetti introdotti dalla non linearità della telecamera utilizzata, dal fattore di scala e dal defocus. In particolare, si mostra le proprietà di robustezza delle misure NF a condizione di prendere opportune precauzioni in fase di acquisizione ed elaborazione di immagine.

Misuratore di flusso a basso costo per pompe a circolazione extracorporee

Luigi Rovati

M. Norgia, A. Pesatori, L. Rovati[8]: **Low-cost optical flowmeter with analog front-end electronics for blood extracorporeal circulators**. IEEE Trans. Instrum. Meas. 59 (5), 1233 – 1239, 2010.

Sono presentati il progetto e la realizzazione di un nuovo strumento a basso costo per la misura in tempo reale del flusso sanguigno inteso per uso nei sistemi di circolazione extracorporea. Una tecnica interferometrica a self-mixing è combinata a un sistema analogico dedicato di elaborazione, per la misura accurata del flusso sanguigno. Il sistema presenta un'accuratezza migliore del 3%, con un costo stimabile non superiore a 50€.

[1] Divisione Termodinamica, Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (I.N.Ri.M.), Torino, Italy.
[2] I.N.Ri.M. – Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, Strada delle Cacce 91, I-10135 Torino, Italy.
[3] Dip. di Elettron. e Inf., Politec. di Milano, Milan, Italy.
[4] Istituto di Struttura della Materia, CNR, Via del Fosso del Cavaliere 100, 00133 Roma, Italy.
[5] Dip. di Ingegneria Elettronica – Università "Roma Tre", Via Della Vasca Navale 84, 00146 Roma, Italy.
[6] Dip. di Ing. Elettr., Elettron. e dei Sist., Univ. degli Studi di Catania, Italy.
[7] Dip. di Elettron., Politec. di Torino, Italy.
[8] Dip. Elettron. Sci. Inf; Politec. di Milano, Italy.

La Redazione di Tutto_Misure (franco.docchio@ing.unibs.it)

Notizie da Enti e Associazioni

dal mondo delle misure, della strumentazione e delle Norme

NEWS FROM INSTITUTES AND ASSOCIATIONS
This article contains an overview of all the recent news from Measurement-related Institutes and Associations. Please help us to feed the content of the article by sending all pertinent news to the Director!

RIASSUNTO
Quest'articolo contiene tutte le notizie recenti degli Enti e delle Associazioni nell'ambito delle misure e della strumentazione. Aiutateci a mantenere le notizie aggiornate inviandole al Direttore!

ACCREDIA (già SINAL, SINCERT) (www.accredia.it)

Dipartimento ACCREDIA per i Laboratori di Taratura: firma della convenzione

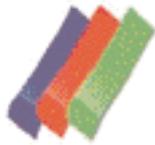
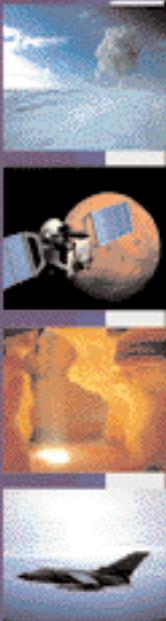
Il 18 giugno scorso è stata sottoscritta da Federico Grazioli, Presidente ACCREDIA, e da Elio Bava, Presidente I.N.Ri.M. (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica) la convenzione che dà pieno valore contrattuale alle intese per l'operatività del Dipartimento di ACCREDIA per i Laboratori di taratura.
ACCREDIA completa così la propria struttura, come prevista dallo Statuto dell'Ente e già pienamente operativa per le attività riguardanti l'accreditamento degli Organismi di certificazione e ispezione e dei Laboratori di prova e per la sicurezza degli alimenti.
Il Dipartimento Taratura si fonda sulle competenze "storiche" del SIT, di cui manterrà la sede torinese, agirà sotto la direzione di Mario Mosca e farà riferimento al pertinente Comitato settoriale di accreditamento, già nominato dal Consiglio Direttivo di ACCREDIA dell'8 giugno.
Le funzioni gestionali, amministrative e di alta direzione fanno capo ad ACCREDIA. Rimangono in vigore il tariffario e le procedure di SIT. Per questo è già stata avviata l'armonizzazione col sistema di gestione di ACCREDIA.
L'accordo tutela le attività svolte dai Centri SIT, garantendo continuità con le attività prima svolte, e con l'obiettivo di ottenere al più presto l'adesione agli accordi internazionali di mutuo riconoscimento anche per quest'ambito.
ACCREDIA persegue il pieno equilibrio gestionale della propria struttura e opererà per raggiungere le migliori sinergie con il Dipartimento Laboratori di prova. I Laboratori di taratura, che già possono inoltrare domanda di accreditamento ad ACCREDIA, saranno accreditati secondo le procedure previste e stabilite dallo Statuto, dal Regolamento applicativo dello Statuto di ACCREDIA e sulla base delle norme tecniche e guide applicative nazionali, europee e internazionali.

ANIMA/UCISP (www.anima.it)

ANIMA (Federazione delle Associazioni Nazionali dell'Industria Meccanica Varia ed Affine) è l'organizzazione industriale di categoria che, in seno a Confindustria, rappresenta le aziende della meccanica varia e affine: un settore che occupa 192 000 addetti per un fatturato di circa 41 miliardi di euro e una quota export/fatturato del 50% (dati riferiti al consuntivo 2009). I macrosettori rappresentati da ANIMA sono: macchine e impianti per la produzione di energia e per l'industria chimica e petrolifera – montaggio impianti industriali; logistica e movimentazione delle merci; tecnologie e attrezzature per prodotti alimentari; tecnologie e prodotti per l'industria; impianti, macchine prodotti per l'edilizia; macchine e impianti per la sicurezza dell'uomo e dell'ambiente; costruzioni metalliche in genere.

UCISP (Unione costruttori italiani strumenti per pesare) nasce il 21 Aprile 1959 a Milano per iniziativa di un gruppo di imprenditori che costruiscono strumenti di pesatura. Nel 2006 Ucisp allarga la base associativa a tutte le imprese operanti in tale area, dai fabbricanti di masse campioni o di sistemi di pesatura ai laboratori di verifica periodica e alle imprese dei settori della commercializzazione e dei servizi (manutenzione, ecc.).

"**Verifica periodica del mercato o mercato delle verifiche periodiche?**" Più di 80 operatori del settore hanno preso parte alla tavola rotonda organizzata da Ucisp a Milano, lo scorso 27 luglio. Un momento di confronto tra gli attori del comparto e le istituzioni per richiamare l'attenzione sulle problematiche aperte relativamente al tema della verifica periodica degli strumenti di pesatura.

I temi di confronto principali sono stati la verifica periodica, i sistemi di accreditamento dei laboratori e la sorveglianza del mercato.
In prima linea a rispondere alle domande dei numerosi intervenuti Maurizio Ceriani (Presidente Ucisp), Paolo Francisci (Ministero Sviluppo Economico), Maria Cristina Sestini (Responsabile ufficio metrico della CCIAA di Prato) e Roberto Frisari (Unioncamere, area regolazione del mercato, tutela della concorrenza e innovazione).
"Vogliamo segnalare alcuni comportamenti, ormai in corso da troppo tempo, non rispettosi delle regole vigenti: soggetti terzi senza idonea abilitazione svolgono verifiche periodiche sugli strumenti per pesare. Questo rischia di inquinare un mercato complesso e articolato come quello degli strumenti per pesare – ha dichiarato in apertura Maurizio Ceriani – *A nome dell'associazione Ucisp invito tutti a rispettare quanto stabilito dai provvedimenti disciplinanti l'esecuzione della verificazione periodica e l'idoneità della abilitazione.*
Il rispetto di ciò è garanzia della corretta e professionale esecuzione della verificazione periodica e della trasparente identificazione degli operatori".
Ha preso vita un vivace dibattito, che ha tenuto impegnati i relatori e gli intervenuti per un intero pomeriggio. Secondo Maria Cristina Sestini la legge deve tutelare gli utilizzatori finali e l'attività imprenditoriale degli operatori. L'elemento fondamentale per garantire il corretto funzionamento del sistema è la vigilanza, sia sugli strumenti, perché venga garantita l'affidabilità metrologica, sia sui laboratori, perché vengano mantenuti nel tempo i requisiti abilitativi. È determinante in questo caso la formazione del personale addetto.
Roberto Frisari ha auspicato in questa direzione la conversione del ruolo delle CCIAA da un controllo puntuale a una funzione di vigilanza.
Il contributo di Paolo Francisci ha definito la differenza fra sorveglianza e vigilanza. Compito della seconda è evitare che siano immessi sul mercato e in servizio strumenti non conformi alla Direttiva.
La sorveglianza si applica sugli strumenti in servizio. Sta per essere portata a termine la convenzione Mise-Unioncamere che coinvolgerà tutte le CCIAA. Per quanto riguarda la Direttiva MID stanno per essere pubblicati i decreti legislativi relativi ai carburanti e agli strumenti per pesare a funzionamento automatico.

La tavola rotonda è stata anche l'occasione per presentare il ***"Codice Deontologico" UCISP*** che gli associati si impegnano a rispettare, convinti che operare nel rispetto delle leggi vigenti sia sempre vantaggioso per tutta la filiera, costruttori, laboratori e utenti metrici.
Il settore Strumenti per pesare rappresentato da Ucisp ha registrato come dati di consuntivo 2009 un calo del fatturato (-7,8%) che conta a oggi 178 milioni di euro. Il settore ha registrato una quota export (17,8%) minore rispetto al 2009 mostrando così un decremento (-5,5%).
"*Nel 2010 il settore conoscerà un lieve incremento rispetto al 2009* – ha concluso il Presidente Ceriani – *I nostri imprenditori stanno reagendo alla crisi con determinazione e perseveranza. La ripresa è determinata anche dalla lotta all'illegalità: Ucisp è in prima linea*".

APRE – AGENZIA PER LA PROMOZIONE DELLA RICERCA EUROPEA (www.apre.it)

Si segnalano alcuni bandi aperti nel settore "Formazione continua".
Visitare il sito alla pagina:
www.apre.it/ricerca-europea/VIIPQ/Persone/Bandi.htm

COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO (CEI) (www.ceiuni.it)

Ugo Nicola Tramutoli, già **Presidente Generale** del Comitato Elettrotecnico Italiano dal 18 giugno 2007, è stato riconfermato alla presidenza dell'Ente normatore italiano del settore elettrotecnico, elettronico e delle telecomunicazioni per il triennio 2010-2013.
Ugo Nicola Tramutoli, lucano, 62 anni, una laurea in Ingegneria elettrotecnica all'Università La Sapienza di Roma, una lunga carriera in ENEL, ha ricoperto ruoli di responsabilità presso il Centro di Progettazione Nucleare dell'Energia, presso numerosi reparti di manutenzione impianti alta tensione, verifiche, misure e teletrasmissioni, pianificazione e gestione, costruzione impianti primari presso numerosi Distretti ENEL sul territorio.
Nel 1998 diventa Responsabile dell'Unità Sicurezza e Assistenza Tecnica dell'ENEL Distribuzione S.p.A. della Sede centrale di Roma e nel 2003 Responsabile dell'area unificazione dei componenti e sistemi della rete di distribuzione, della sicurezza, delle attrezzature e metodi di lavoro.
L'Ingegner Tramutoli mantiene numerosi altri incarichi, tra cui Membro del Consiglio Direttivo di IMQ. È autore di memorie presentate in ambito ICOLIM e CIRED.
Per il prossimo triennio Tramutoli consoliderà il ruolo del CEI in ambito nazionale e internazionale attraverso un incremento della collaborazione con il sistema produttivo, con le associazioni di categoria professionali, con le Istituzioni.

Sono stati inoltre eletti i Vice Presidenti Generali del CEI che, assieme al Presidente Generale, costituiranno il Comitato Esecutivo nel triennio 2010-2013:
- Dott. Ing. Alessandro Clerici – ABB
- Dott. Ing. Gianfranco Veglio – AEIT
- Dott. Ing. Lionello Negri – CNR
- Dott. Ing. Livio Gallo – ENEL
- Dott. Ing. Vincenzo Correggia – Ministero Sviluppo Economico

Sono stati inoltre eletti i Membri del Comitato Esecutivo per il triennio 2010-2013:
- Dott. Ing. Giovanni Costa – Ferrovie dello Stato
- Dott. Ing. Giorgio Malagoli – Ministero dell'Istruzione, Università e della Ricerca

IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (www.iaea.org)

È stato pubblicato il volume "*Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students*".
IAEA TRAINING COURSE SERIES 42
www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TCS-42_web.pdf

I.N.Ri.M. – ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA (www.inrim.it)

In ricordo di Margherita Plassa

Il 14 Giugno 2010, dopo un periodo di gran sofferenza, è mancata all'età di 75 anni, presso l'Ospedale Sant'Anna di Torino, la nostra cara amica Margherita.

Margherita ha svolto un'attività scientifica durata quasi mezzo secolo presso l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti del CNR (IMGC-CNR), poi confluito nell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (I.N.Ri.M.), caratterizzata da un gran numero di iniziative, assunzione di impegni e responsabilità.
Margherita si è laureata in Chimica e, dopo aver lavorato nei laboratori di due industrie, è arrivata nel 1963 all'allora Istituto Dinamometrico Italiano del CNR, occupandosi di produzione e tecnologia di film sottili, settore all'avanguardia, per le loro applicazioni metrologiche nel campo delle misure di forza e pressione. Nel 1970 inizia a occuparsi della metrologia delle alte pressioni per passare poi, nello stesso anno, alla responsabilità della nuova Sezione Masse e Volumi dell'IMGC-CNR. In quest'ambito fonda con i suoi collaboratori il laboratorio scientifico nazionale per le misure primarie di massa (attuate con comparatori di massa a partire dal kilogrammo di platino-iridio), nello stesso tempo guidando lo sviluppo di altri importanti settori collaterali della Sezione.

In seguito, come attività di ricerca per la metrologia della massa, ha spostato le sue attenzioni e i suoi studi dai campioni primari e dai mezzi per la loro realizzazione alle proprietà chimico-fisiche delle superfici dei materiali costituenti i campioni di massa, per comprenderne le stabilità a lungo termine (anche secolare) e le interazioni con l'ambiente.
In quegli anni nasce l'organizzazione metrologica EUROMET (ora EURAMET) e Margherita ne diventa uno dei pilastri rappresentando validamente l'Italia per il settore delle masse e delle grandezze derivate. La sua intensa attività di ricerca la vede partecipare in sede internazionale al CCM (Comitato Consultivo della Massa e delle grandezze derivate) fin dalla sua fondazione, nel 1981, e poi fino al 1999. In questo settore le responsabilità di Margherita sono elevate e coordina il gruppo di lavoro sui campioni di massa per lunghi anni. La foto allegata la ritrae al Bureau International des Poids et Mesures (BIPM, Sèvres) nel maggio 1981 alla prima riunione del CCM.

Maggio 1981 – Prima riunione costitutiva del CCM (Comitato Consultivo della Massa e delle grandezze derivate) del CIPM (Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure). Per l'Italia partecipano A. Bray, M. Plassa (quinta da destra) e G. Molinar Min Beciet

Nella sua maturità, Margherita ha dedicato la sua esperienza e le sue ampie conoscenze ad avviare in Italia un settore della metrologia che si rivela strategico per il presente e il futuro, cioè la scienza delle misure in chimica (industria, salute e ambiente) e, in una prospettiva finora ancora poco considerata, in biologia. Perciò, dal 1993 è stata la principale promotrice di tutta l'attività di metrologia in chimica presso gli Istituti Metrologici torinesi. In questo ambito avvia un laboratorio per l'analisi di gas, sviluppa attività di promozione e formazione di giovani ricercatrici, che lavorano con lei con molto entusiasmo, e le collega fin dall'inizio a tutte le nuove attività internazionali primariamente condotte dal CCQM (Comitato Consultivo per la quantità di sostanza) e da EUROMET - EURAMET. Inoltre, promuove attivamente collaborazioni nell'ambito della metrologia in chimica con altri Enti di ricerca e applicativi nazionali italiani.
Margherita, oltre a essere una valente donna di scienza metrologica, è stata una persona capace di trasferire le sue conoscenze all'industria e ha operato nel SIT (Servizio di Taratura in Italia), nell'ambito della metrologia legale e in numerose attività di formazione e didattica della metrologia. Margherita è stata aperta e moderna, molto attiva per valorizzare il ruolo della donna in ambito scientifico, ed è stata una delle fondatrici del gruppo "Donne e Scienza".
Margherita, insieme alle qualità scientifiche, ha elargito a piene mani amicizia e rapporti interpersonali basati sulla fiducia reciproca, anche in difesa di ideali di giustizia e libertà, che hanno reso ancor più bella la nostra amicizia con lei.
E per questo ci mancherà tanto.
Le amiche e gli amici di Margherita

NPL – NATIONAL PHYSICAL LABORATORY (www.npl.co.uk)

È uscita l'edizione estiva di *Metromnia*, trimestrale newsletter di NPL. Questo numero ha come tema gli sviluppi e le sfide riguardanti le misure per la produzione avanzata, oggetto di attenzione da parte dell'NPL, e illustra come NPL intende assistere le aziende produttive in questo delicato settore. Fare Click su: **www.npl.co.uk/publications/newsletters/metromnia**.

UNI – ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE (www.uni.com)

(Dalla newsletter del 31 luglio: Qualità, conformità e Metrologia)

Metrologia e normazione in Europa: un accordo di cooperazione
Lo scorso 29 giugno è stato siglato un accordo di cooperazione tra CEN, CENELEC e EURAMET (European Association of National Metrology Institutes) con l'obiettivo di estendere le opportunità di collegamento tra il mondo della normazione e la ricerca europea nel campo della metrologia.

Tre progetti di norma UNI in inchiesta pubblica sino a metà settembre
Sono stati pubblicati nella banca dati UNI tre nuovi progetti di norma ora in fase di inchiesta pubblica. Due relativi alla definizione e alla classificazione della farina di grano tenero (U59015590, U59015600) e uno che traccia un sistema di valutazione delle istruzioni per l'uso di beni tecnici (U30000550): uno strumento dunque per verificarne la correttezza e completezza dei contenuti e per misurarne l'effettiva validità ed efficacia.

I prossimi corsi di formazione

- **Corso base – sistema di gestione per la qualità**
  Milano, 14 settembre, 12 ottobre
- **Trattamento dei reclami secondo la UNI ISO 10002:2006. Strumento di fidelizzazione e miglioramento** - Milano, 21 settembre
- **Auditor esperto in valutazione del modello organizzativo secondo il D.LGS 231/01**
  Milano, 23-24 settembre
- **Novità della norma UNI EN ISO 9001:2008 (In collaborazione con ANGQ)** - Milano, 24 settembre, Roma, 6 ottobre
- **Responsabilità amministrativa e penale delle persone giuridiche. Decreto legislativo 231/01**
  Milano, 30 settembre
- **Organizzazioni di successo: la nuova UNI EN ISO 9004:2009**
  Roma, 1 ottobre, Milano, 4 ottobre
- **Integrare il SGQ con il modello 231/01 sulla responsabilità amministrativa delle persone giuridiche**
  Milano, 13 ottobre

Amos Collini

Misura e collaudo nella ricerca microtecnologica di frontiera

Il laboratorio di testing FBK

MEASUREMENTS AND TESTING IN ADVANCED MICROTECHNOLOGY RESEARCH
The testing laboratory is, together with the microfabrication laboratory and the system integration laboratory, the microtechnology laboratory of the Bruno Kessler Foundation (FBK) of Trento. Tasks of the testing laboratory are (i) checking the developed technology, (ii) characterizing the produced devices, (iii) quality control and the relationship with the final products user (customer). The testing laboratory works with the same methodology in the International Research framework and in the industrial and production world.

RIASSUNTO
Il laboratorio di testing costituisce, assieme al laboratorio di microfabbricazione e al laboratorio integrazione di sistema, il laboratorio di Microtecnologie MT-Lab della Fondazione Bruno Kessler (FBK) di Trento. Sono compiti del laboratorio di testing la verifica della tecnologia sviluppata, la caratterizzazione dei dispositivi prodotti, la valutazione della qualità e il rapporto con il cliente finale utilizzatore dei prodotti. Il laboratorio opera con lo stesso metodo sia nell'ambito della grande Ricerca Internazionale sia nei rapporti con il mondo industriale e produttivo.

IL CONTESTO DI LAVORO E LA RICERCA TRENTINA

La fondazione Bruno Kessler (FBK) svolge attività di ricerca negli ambiti delle tecnologie dell'informazione, dei materiali e microsistemi, della fisica teorica, degli studi storici Italo-germanici e delle scienze religiose. Il rapporto con il territorio è all'origine della Fondazione Bruno Kessler, mentre la scommessa per il futuro si gioca su due fronti: la capacità di essere riconosciuta per il suo valore dalla comunità scientifica internazionale e quella di rispondere ai bisogni di una comunità che guarda alla Fondazione come a una risorsa irrinunciabile.
Più di 350 ricercatori e ricercatrici, 220 fra tesisti, dottorandi, studenti di post-dottorato, visiting professor, 5 centri di ricerca, 7 laboratori, tra cui un laboratorio di microtecnologie completamente attrezzato per la progettazione e la produzione in serie di dispositivi al silicio, progetti esplorativi e Unità di Ricerca, 14 tra spin-off, start-up, joint company, una fitta rete di alleanze e collaborazioni strategiche locali e internazionali, 2 biblioteche specializzate consultabili anche dall'esterno, partecipazioni a convegni, conferenze, simposi internazionali, centinaia di pubblicazioni, brevetti e idee innovative al servizio della società e delle imprese: tutto questo fa della Fondazione Bruno Kessler un centro di ricerca riconosciuto in campo internazionale.
Il laboratorio di testing opera all'interno del Centro Materiali e Microsistemi (CMM). Questo si fonda sul paradigma "Nano-On-Micro" e si focalizza su domini applicativi specifici: nano-microtecnologie per l'energia e l'ambiente, nanotecnologie per applicazioni biomedicali, per rivelatori e sensori di radiazioni. Il cuore tecnologico del CMM è senza dubbio il laboratorio di Microtecnologie. MT-Lab produce ogni anno più di un milione di microchip. Questi sono dispositivi elettronici ad alta tecnologia, richiesti dall'Agenzia Spaziale Italiana per eseguire ricerche nello spazio e dal CERN di Ginevra per i grandi esperimenti di fisica, ma anche dalle aziende per produrre innovativi pannelli solari, sensori per il monitoraggio ambientale e il miglioramento della produzione industriale. MT-Lab è distribuito logisticamente su quattro laboratori: Clean Room MEMS, Clean Room Detectors, laboratorio testing e laboratorio integrazione di sistema.

IL LABORATORIO DI TESTING: STRUTTURA, DOTAZIONE E OBIETTIVI

Il laboratorio di testing si sviluppa su una superficie di circa 200 m^2 ed è diviso funzionalmente in sottolaboratori specializzati in funzioni diversificate. Per validare la tecnologia del processo di fabbricazione il laboratorio è dotato di 4 prober automatici alloggiati in box in classe 100 (Fig. 1). Quest'attrezzatura consente un alto grado di automazione e la possibilità di lavorare 24 h/giorno senza l'ausilio di operatore. Parte di quest'attrezzatura è utilizzata anche per il collaudo funzionale su fetta di dispositivi elettronici realizzati sia nelle clean room interne sia in fabbriche esterne. Il sistema di misura automatico è in grado di trattare fette di silicio di dimensioni diverse (da 4" a 8"). Il cuore del sistema di misura automatico è il software di misura, sviluppato internamente. Esso permette di gestire via web l'inserimento dei dati metrologici delle fette e delle configurazioni di misura. L'inserimento dati è

Fondazione Bruno Kessler
acollini@fbk.eu

Figura 1 – Il laboratorio di testing, area prober automatici. È possibile vedere parte di un prober alloggiato in un box in classe di pulizia 100, la strumentazione elettronica e il sistema informatico di controllo

accessibile a qualsiasi utente autorizzato da qualsiasi punto rete. Ciò permette di parallelizzare l'inserimento dati riducendo i tempi morti. Inoltre il software è dotato di un efficace simulatore di strumento per verificare la correttezza del test prima che questo approdi alle macchine di misura. Tutti i dati, relativi sia alle configurazioni sia ai risultati, sono raccolti in un'unica base di dati, consentendo completa tracciabilità sia delle misure sia dei dispositivi misurati. Il software permette inoltre il controllo remoto delle attrezzature di misura: è quindi possibile intervenire sui test in esecuzione anche stando fuori sede.
Il laboratorio di testing è dotato di due stazioni a micromanipolatori (prober manuali, Fig. 2), dotati di strumentazione, che permettono di eseguire misure particolari, ad esempio misure di stabilità nel tempo o misure in frequenza su fetta. Tali stazioni abbisognano di un operatore solo nella fase di contattatura dei dispositivi: in seguito il sistema di controllo può essere automatico e/o remoto. In questi locali si eseguono quindi misure complesse su limitata campionatura: lo scopo è soprattutto quello di evidenziare problemi o indagare sulle caratteristiche limite dei dispositivi sotto test.
Nel laboratorio di testing sono stati realizzati quattro banchi test specifici per misurare dispositivi e/o trasduttori con specifiche caratteristiche. Il banco elettro-ottico permette di eseguire misure elettriche in relazione a stimoli ottici: è quindi possibile effettuare misure in funzione della potenza ottica incidente o della responsività spettrale. Il banco elettro-barico permette di eseguire misure elettriche in funzione della pressione sia di un liquido sia di un gas, e dunque di collaudare dispositivi come i misuratori di pressione. Il banco gas permette di effettuare misure elettriche in funzione del tipo di gas (H_2, N_2, CO, CO_2, ecc.) e del flusso dello stesso, e dunque misurare sensori di gas. Il banco solare, infine, permette di caratterizzare le celle solari in laboratorio attraverso l'ausilio di un simulatore solare certificato e tarato.
Sotto l'area d'influenza del laboratorio di testing è possibile identificare anche tre servizi di carattere generale quali: (i) il servizio di taglio delle fette, dove è possibile tagliare le fette di silicio, quarzo e zaffiro in frammenti contenenti i singoli dispositivi; (ii) il servizio di bonding, dove è possibile effettuare una minimale incapsulazione dei dispositivi tagliati; (iii) una piccola ma attrezzata officina elettrica dove sono sviluppati i nuovi *set-up* di misura per il collaudo di dispositivi e/o di sistemi complessi.

Figura 2 – Il laboratorio di testing, area prober manuali. Stazione PM8 completa di micromanipolatori e strumenti di misura

Il laboratorio di testing ha in forza 4 addetti, 2 ricercatori e 2 tecnici sotto il coordinamento dello scrivente. Il personale del laboratorio si occupa di tutto il processo relativo alla costruzione di un test di verifica e/o di collaudo. È il vero punto di forza di tutto il laboratorio, dove risiedono la conoscenza e l'esperienza necessarie al funzionamento della struttura. Il personale si occupa ad esempio di: (i) progettare nuovi set-up di misura, (ii) scrivere il software di controllo, (iii) progettare e realizzare le routine di misura, (iv) costruire i programmi di test, (v) eseguire i test, (vi) sviluppare i programmi d'analisi dei dati, (vii) commentare i dati significativi, (viii) mantenere e riparare le attrezzature, (ix) calibrare gli strumenti di misura, e quindi (x) di effettuare tutte le operazioni che garantiscano il corretto funzionamento del laboratorio e delle attrezzature correlate.
Il laboratorio di test effettua una media di 7 700 h misura/anno, per un totale di circa 1 000 fette/anno, 600 ore di sviluppo e 550 ore di analisi e un numero di wafer tagliati e processati di poco inferiore a 1 000.

ESEMPIO SIGNIFICATIVO DI ATTIVITÀ (PROGETTI D'ALTO IMPATTO)

Il primo progetto di considerevole entità è stato lo sviluppo del sistema di validazione e collaudo del progetto ALICE (A Large Ion Collider Experiment), dedicato alla fisica della materia e alla comprensione dell'origine dell'universo e posizionato presso il CERN di Ginevra. È stato progettato un sistema di misura automatico che non rovinasse i delicati dispositivi al silicio a doppia faccia, in fase di caricamento e scaricamento automatico. Il sistema messo a punto dal laboratorio di testing ha misurato l'intera produzione di rivelatori (pari a 2 000 fette circa) senza introdurre difettosità, a 25 dispositivi ogni 48 ore. Questo progetto, assieme ad AMS, (il grande spettrometro per la ricerca dell'antimateria che si accinge a partire con uno dei prossimi shuttle per

una lunga permanenza nella stazione spaziale alla ricerca della materia oscura dell'universo), ha fatto conoscere il lavoro del laboratorio di testing di MT-Lab FBK nel panorama internazionale.
Negli ultimi tre anni è stato compiuto un passo importante per un progetto particolare di sviluppo di un dispositivo per applicazioni spaziali, dove il laboratorio di testing ha acquisito una preziosissima esperienza nella caratterizzazione dei dispositivi aerospaziali. Le complesse tecniche di misura sotto stress che simulano l'invecchiamento dei dispositivi e il loro comportamento in condizioni d'operatività estreme sono ora in possesso del laboratorio di testing e possono essere messe a disposizione per qualsiasi progetto.
Come esempio finale si riporta l'ultimo lavoro complesso realizzato dal laboratorio di testing nello sviluppo di set-up di misura innovativi. È stato realizzato un sistema di misura di celle solari in regime di concentrazione con controllo automatico della concentrazione e della temperatura d'esercizio. La realizzazione di questo set-up ha richiesto un notevole sforzo poiché non esistono, in letteratura, normative a riguardo. La grande parte del lavoro quindi è stata quella di trovare la metodologia di misura e verificarne la correttezza ai fini di una misurazione significativa.

COLLABORAZIONI

Il laboratorio di testing collabora attivamente con l'Università e con gli altri centri di ricerca presenti sul territorio Italiano e operanti nel contesto internazionale. È fornitore di servizi ad alta tecnologia per l'industria trentina e Italiana e aperto a collaborazioni con altri partner che operano nel contesto dei microsensori e microsistemi, nell'ottica sia di fornitore di servizi sia di scambi di conoscenza.

Amos Collini è nato a Tione (TN) il 29/04/1966. Attualmente lavora presso la Fondazione Bruno Kessler (FBK). Laureato in Ingegneria Elettronica all'Università di Padova si occupa di misura e collaudo da circa 15 anni. Principale fautore della creazione del laboratorio di testing, ne è il coordinatore e ne promuove la crescita e lo sviluppo. È responsabile di significativi progetti per la creazione, lo sviluppo e l'ingegnerizzazione di dispositivi innovativi nell'ambito dei micro-sensori realizzati in collaborazione con il mondo industriale. È docente al Master "Nano-on-micro" dell'Università di Trento, in collaborazione con FBK.

FORMAZIONE IN METROLOGIA

Anita Calcatelli

La formazione in metrologia: verso un approccio moderno

Cominciamo a parlarne sistematicamente

TRAINING IN METROLOGY: TOWARDS A MODERN APPROACH
Teaching and training in metrology is a widespread and actual subject, which has been discussed in several occasions, among which two Round Tables held in the framework of the 2009 Congress "Metrologia e Qualità" and of the 2010 Event "Affidabilità e Tecnologie" in Turin, Italy. In the Round Tables the need arose for a better coordination of the teaching and training activities carried out in Italy and the positive contribution that the National Metrologic Institute (I.N.Ri.M.) could give in this coordination. This contribution could be focused to the industrial measurement operators, as well as to the world of secondary and tertiary instruction.

RIASSUNTO
Il tema della formazione in metrologia è emerso in varie occasioni, e in particolare in due tavole rotonde che sono state tenute durante il Congresso "Metrologia e Qualità" del 2009 e la Manifestazione "Affidabilità e Tecnologie" del 2010. In particolare dalle due tavole rotonde è emersa la necessità di un migliore coordinamento delle attività di formazione che si stanno svolgendo in Italia e si è auspicato un maggior coinvolgimento dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (I.N.Ri.M.), che ha tra i suoi scopi la divulgazione della scienza della misura. Tale contributo si può esplicitare sia verso chi già lavora sia verso il mondo della scuola in modo continuativo e coordinato, anche allo scopo di garantire che tutte le attività di formazione che si svolgono seguano linee guida armonizzate.

Nonostante gli sforzi di quanti operano nella "scienza della misura" si riscontra ancora, a più di 130 anni dalla firma della Convenzione del metro e a più di 50 anni dall'adozione del SI, una grande carenza di formazione generalizzata per cui la cultura dell'uso del SI, e soprattutto della riferibilità di tutti i risultati di misurazione, sia un sottofondo comune, unitamente alla comprensione del ruolo della buona valutazione dei valori dell'incertezza di misura e il suo uso pratico.

Va tuttavia notato che, oltre all'attività di divulgazione e formazione da parte degli istituti metrologici e di singoli ricercatori metrologi, sono stati messi in atto anche altri strumenti, come la rivista "Tutto_Misure", il congresso Nazionale "Metrologia e Qualità", l'attività della struttura del GMEE e di Enti che si occupano specificamente di formazione. Sono anche state stampate da parte del GMEE monografie specifiche.

Va inoltre notato che, con il passaggio degli Uffici metrici provinciali alle Sedi provinciali delle Camere di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura (D. Lgs. 31 marzo 1998 n. 112, art. 20), sono stati avviati e svolti numerosi corsi di formazione per ispettori metrici, in modo da individuare un responsabile delle attività finalizzate alla tutela del consumatore e della fede pubblica, con particolare riferimento ai compiti in materia di controllo di conformità dei prodotti e strumenti di misura.

L'I.N.Ri.M. ha messo a disposizione gratuitamente un CD multimediale dal titolo "*Il linguaggio delle Misure*" che è anche scaricabile dal sito dell'Istituto (**www.inrim.it**) aggiornato al gennaio 2010. A livello europeo ha collaborato alla definizione di un corso nel campo della metrologia chimica (**www.trainmic.org**) che implica linee guida condivise; questo corso è stato ed è utilizzato in varie città italiane.

LA SITUAZIONE DELLA METROLOGIA, NUOVI E VECCHI BISOGNI

SI – tipica attività degli Istituti Nazionali di Metrologia

L'atto di nascita del Sistema Interna-

Collaboratrice I.N.Ri.M.
a.calcatelli@inrim.it

zionale (SI) è stato redatto nel 1960 dalla XI[a] Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM) e rappresenta una tappa e non un traguardo, perché il Sistema Internazionale è suscettibile di miglioramenti secondo i progressi scientifici e i requisiti delle misurazioni di cui i vari settori della società necessitano.
Conseguentemente nel luglio 2005 la CGPM ha emesso la raccomandazione C1 su "Passaggi preparatori verso nuove definizioni del kilogrammo, dell'ampere, del kelvin e della mole in termini di costanti fondamentali". Si pensava che tutto sarebbe stato pronto per proporre le nuove definizioni alla CGPM del 2011, ma è probabile che si debba ancora aspettare, affinché i risultati delle attività in cui sono impegnati gli Istituti Metrologici Nazionali, e quindi anche l'I.N.Ri.M., di misurazione di tutte le costanti della fisica necessarie per le nuove definizioni (in particolare della costante di Planck), siano congruenti.

Accreditamento dei laboratori di taratura

È stato recentemente costituito l'Ente Italiano di Accreditamento (ACCREDIA), unico organismo nazionale autorizzato dallo Stato (22 dicembre 2009) a svolgere attività di accreditamento. In esso sono confluiti SINAL, SINCERT e SIT.
Con ACCREDIA l'Italia si è adeguata al Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio n. 765 del 9 luglio 2008, che dal 1° gennaio 2010 è applicato per l'accreditamento e la vigilanza del mercato in tutti i Paesi UE. Ogni Paese ha il suo Ente di accreditamento (Cofrac in Francia, DKD in Germania, UKAS nel Regno Unito, ecc.).
L'Ente Nazionale è responsabile per l'accreditamento in conformità alle norme internazionali della serie ISO 17 000 e alle guide e alla serie armonizzata delle norme europee EN 45 000. Tutti gli Enti operano senza fini di lucro. Le attività di ACCREDIA (**www.accredia.it**) si articolano in quattro Dipartimenti:
- Certificazione e ispezione;
- Laboratori di prova;
- Laboratori di prova per la sicurezza degli alimenti;
- Laboratori di taratura;

e ha lo scopo di garantire, fino all'ultimo anello della catena produttiva e distributiva, la qualità e sicurezza dei beni e dei servizi che circolano su un mercato sempre più globalizzato. Quindi gli Istituti Metrologici italiani, e in primo luogo l'I.N.Ri.M., sono impegnati nel seguire il passaggio ad ACCREDIA delle attività di accreditamento dei laboratori di taratura.

I bisogni della società: esempi di campi, tradizionali e non, in cui è sempre più richiesta la presenza del metrologo

L'obiettivo condiviso dev'essere oggi un impiego della metrologia, accanto ai settori tradizionali, in settori in cui è sentita la necessità dell'intervento del metrologo per garantire l'attendibilità dei risultati delle misurazioni svolte per quanto concerne sia la salute e l'ambiente sia l'alimentazione, ma anche per la garanzia dei prodotti finiti nel commercio globale.
Si riportano nel seguito, in estrema sintesi, alcuni campi in cui l'intervento del metrologo è già, o sarà nell'immediato futuro, sempre più richiesto: fisica e ingegneria, nanometrologia, metrologia per la chimica, per l'ambiente, per la nutrizione, per la qualità della vita, per la salute, metrologia forense, ecc.

LA FORMAZIONE IN METROLOGIA

Dalla prima tavola rotonda "*Il futuro del SI*" è emerso che tra i bisogni più urgenti da parte del pubblico si pone il tema della formazione a più livelli. È stato infatti unanimemente riconosciuto che, di fronte al peso crescente che le misurazioni rivestono in tutti i campi della produzione, dei servizi e della ricerca e alle sfide che emergono con sempre maggiore evidenza, è giusto riflettere sull'organizzazione della formazione metrologica a livello nazionale per valutare assieme se

essa sia sufficientemente adeguata. Ci si diede appuntamento all'anno successivo per parlarne espressamente in una tavola rotonda "*Formazione in Metrologia*" nell'ambito della manifestazione "Affidabilità e Tecnologie" dell'aprile 2010. Nel frattempo si è costituito un gruppo di lavoro molto allargato, che ha riflettuto sul da farsi e ha consentito di verificare chi è disponibile, dal mondo della ricerca metrologica e da quello della scuola, a collaborare a impostare un piano d'intervento formativo. Ne sono emerse due linee:
1. Analizzare che cosa è disponibile in termini di materiali e di corsi e che indirizzi sono possibili;
2. Quali sono le linee da seguire per un intervento radicale e cioè fin dai primi livelli scolastici.

La tavola rotonda del 2010 che è riportata nei due articoli che seguono ha dibattuto nel concreto con vari esempi, e ha evidenziato quali sono i bisogni in questo specifico campo e quale può essere il ruolo di un Istituto Metrologico nazionale. È inoltre emerso il fatto che in Italia vi sono molti Enti che si occupano di formazione, ma che manca un reale coordinamento e una certa organicità.
Da più parti si è messo in evidenza che le massime carenze si hanno nelle PMI, mentre nelle grandi imprese il problema sembra essere risolto. Spesso tuttavia il management non si rende conto dello stretto legame tra corretti processi di misurazione e qualità dei prodotti, e pensa che il problema sia risolto semplicemente assu-

mendo laureati in materie tecnico/scientifiche, senza dare loro la possibilità e il tempo per la formazione specifica.
La formazione in metrologia va affrontata dunque su due fronti:

- a livello scolastico (con l'adeguata preparazione degli insegnanti) nello specifico tema;
- a livello di aziende, sensibilizzando sulla necessità della formazione e predisponendo adeguati strumenti.

Oltre a ciò è emerso anche il bisogno di un minimo di coordinamento coerente e di predisposizione di linee guida che dovrebbe essere riconosciuto compito dell'I.N.Ri.M..
Ci si è dati appuntamento al prossimo Congresso Nazionale "Metrologia e Qualità" dell'aprile 2011, con una sessione dedicata appunto alla Formazione in Metrologia.
A questa breve introduzione seguirà un resoconto dettagliato degli interventi alla tavola rotonda dell'aprile 2010 e del dibattito che ne è seguito, come risulta dalla trascrizione, per forza di cose liberamente interpretata, degli interventi medesimi.

Anita Calcatelli è Laureata in fisica presso l'Università di Torino con una tesi su particelle elementari ad alta energia. Dopo la laurea, la prima attività è stata svolta in un'industria privata su modelli di calcolo e progetto di noccioli di reattori nucleari di potenza. Dal 1963 è ricercatrice presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche, a Torino, prima presso l'Istituto Dinamometrico Italiano e poi presso l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti dove ha svolto ricerche nel campo della fisica dello stato solido applicata ai film sottili, sull'applicazione dell'interferometria laser per misure di piccoli spostamenti, sulla fisica e tecnologia del vuoto e in particolare sulle misure di vuoto, spettrometria di massa e analisi di superficie. Responsabile di reparto per otto anni, è attualmente in pensione con incarico di ricerca presso l'I.N.Ri.M..
L'attività svolta in campo metrologico è attestata da numerose pubblicazioni su riviste nazionali e internazionali e da testi monografici.

IL TEMA

A cura di Anita Calcatelli e Franco Docchio

La formazione in metrologia: le presentazioni

dalla Tavola Rotonda ad Affidabilità e Tecnologie 2010

TEACHING AND TRAINING IN METROLOGY: THE PRESENTATIONS

This article and the next one are a synthesis of the invited speakers at the Round Table "Teaching and Training in Metrology" held in Turin, at the Lingotto Congress hall, in the frame work of the Event "Affidabilità e Tecnologie 2010" on April 15th, 2010.

RIASSUNTO

Quest'articolo e il successivo riportano la sintesi di alcuni degli interventi programmati dei relatori della Tavola Rotonda su "Formazione in Metrologia" che si è tenuta a Torino, presso la sede del Lingotto, nel quadro dell'Evento "Affidabilità e Tecnologie 2010" il 15 Aprile 2010.

LE RELAZIONI SU INVITO

La Tavola Rotonda si è svolta con la presentazione, su invito, di alcune autorevoli testimonianze riguardanti la formazione in metrologia in vari settori applicativi con lo scopo di tentare di dare una risposta alle seguenti domande:

1. **Come funziona l'offerta formativa** per gli addetti alle misurazioni nelle imprese italiane?
2. Quest'offerta **è sufficiente**?
3. C'è necessità di **armonizzazione**?

IL RUOLO DELL'UNIVERSITÀ DI CASSINO NELLA FORMAZIONE IN METROLOGIA A VARI LIVELLI

Agostino Viola
(Università di Cassino e Pa.L.Mer. scarl, Parco Scientifico e Tecnologico del Lazio Meridionale)

In qualità di ricercatore e docente a Cassino e responsabile del Parco Scientifico e Tecnologico del Lazio Meridionale con competenze di ricerca, metrologia (Centro SIT) e formazione, il relatore ha riportato esperienze di questi due enti nel settore della metrologia e gestione della strumentazione. Partendo dall'attività didattica in metrologia ben inserita nel tessuto formativo dell'Università (Corsi di Laurea e di laurea Magistrale), Viola ha proseguito con le attività di formazione IFTS (Corsi di metrologia di base per le misure meccaniche, termiche ed elettriche, Corso di gestione della strumentazione, per studenti in attesa di lavoro o temporaneamente disoccupati) e con i corsi di formazione per imprese e centri SIT, il tutto per promuovere la ricerca e la formazione metrologica. Per quanto riguarda la formazione in Metrologia Legale, l'Università di Cassino collabora con l'Istituto Tagliacarne che eroga formazione per funzionari degli Uffici Metrici delle CCIAA con la catena di riferibilità mostrata nella Fig. 1.

MiSe
Unioncamere
Istituto G. Tagliacarne & Università di Cassino
Altre Università
INRiM - SIT
Personale esperto di Centri SIT
Personale esperto degli Uffici Metrici delle CCIAA
Personale esperto dei Centri SIT delle CCIAA (AT, CZ, PD)
Progettazione offerta formativa
Erogazione dei Corsi
Qualifica e aggiornamento del Personale degli Uffici Metrici delle CCIAA

Figura 1 – Catena della Riferibilità della normazione

Questa formazione si articola in:

- Formazione Abilitante (corsi Nazionali di Qualifica promossi da Unioncamere, per la formazione e qualifica di nuovo personale degli Uffici Metrici);
- Formazione Continua per il personale degli Uffici Metrici; consiste in aggiornamenti e approfondimenti in ambito normativo e tecnico–scientifico;
- Formazione Specialistica per il personale degli Uffici Metrici; consiste nella formazione pratica operativa e training on the job per accrescere, in una chiave prevalentemente pratica, le capacità organizzative e operative (i corsi sono spesso ospitati presso laboratori e centri di riferimento per le varie misure).

Il successo di queste iniziative è stato decisamente elevato. Tuttavia è doveroso mettere in rilievo alcune criticità e spunti per il futuro:

- Il reclutamento del nuovo personale degli Uffici Metrici (formazione di base in argomenti tecnici);
- L'apertura della formazione *istituzionale* al sistema dei fabbricanti metrici e dei laboratori riconosciuti;
- Il training on the job c/o gli Uffici – Infrastrutture di molti degli Uffici Metrici;
- Applicazione della Direttiva MID.

METODICHE FORMATIVE IN METROLOGIA E SISTEMI GESTIONALI

a.calcatelli@inrim.it
franco.docchio@ing.unibs.it

NUOVO DINAMOMETRO CON MOLTEPLICI POSSIBILITÀ DI TEST

Il nuovo dinamometro *SHIMADZU serie AGS-X* (distribuito in Italia dalla AMSE di San Mauro Torinese) offre agli utilizzatori molteplici possibilità di test per la caratterizzazione fisico-meccanica dei materiali. Si tratta di una macchina di prova universale, espressamente disegnata e progettata per venire incontro alle esigenze di test di laboratorio in vari settori industriali e accademici permettendo una facile ed efficace esecuzione di prove di trazione, compressione, flessione e peeling su materiali, quali gomma, plastica, carta, tessuti, e su semilavorati e prodotti finiti, quali componenti meccanici, elettronici, ecc.

Caratteristiche tecniche principali

- Capacità massima: 10 KN (1.000 Kg)
- Range di velocità: 0,001÷1.000 mm/min
- Velocità ritorno traversa: fino a 1.500 mm/min
- Risoluzione posizione traversa: 0,001 mm a mezzo encoder di tipo ottico
- Distanza utile tra le colonne: 425 mm
- Velocità acquisizione dati: 1 ms
- Celle di carico in Classe 0.5 / range di forza 1/1- 1/500 del fondo scala

Software Trapezium X Lite: anche le cose complesse diventano facili!

Il dinamometro *AGS-X* utilizza un software di nuova generazione, il *Trapezium X Lite*, caratterizzato da grande facilità d'utilizzo e da innumerevoli funzioni operative. Una raffinata interfaccia, facile e intuitiva, permette di selezionare il metodo di prova con un semplice click del mouse. Molte noiose operazioni sono state automatizzate con l'uso di macro (per esempio: creare un report, cercare un vecchio file di risultati etc.). Inoltre il *"Quick List Method"* permette di rintracciare rapidamente e utilizzare subito i metodi di test di più frequente utilizzo.
AMSE è distributore esclusivo della linea *Material Testing* della *SHIMADZU*, che si rivolge in particolare ai laboratori per la caratterizzazione dei materiali, sia nel campo del controllo di qualità sia in quello della ricerca.

Per ulteriori informazioni:
www.amse.it

Gaetano Montebelli (ANGQ, Roma)

ANGQ, in collaborazione con SIT fin dagli anni '90, ha fornito al mercato una formazione in metrologia finalizzata a fornire nozioni sia puramente metrologiche, sia gestionali a supporto degli aspetti metrologici. Infatti ANGQ ritiene che non ci sia nulla di tecnico che non sia anche gestionale, e viceversa. Quindi, dal matrimonio delle competenze gestionali ANGQ con quelle puramente metrologiche di SIT, è nato un nuovo filone di formazione in metrologia che è risultato (e risulta ancora oggi) indispensabile:

- per il funzionamento dei laboratori di prova e degli istituti metrologici;
- per il loro accreditamento;
- per gli Organismi preposti all'accreditamento.

IL CERMET E LA FORMAZIONE IN METROLOGIA

Roberto Bertozzi (CERMET, Bologna)

CERMET nasce come laboratorio di prova che sviluppa un centro di taratura e consegue l'accreditamento SINAL (n. 001 nel 1989) e poi l'accreditamento SIT (n. 52 nel 1990). Nel 1991 ottiene l'accreditamento SINCERT (n. 007) come organismo di Certificazione ISO 9000, e parallelamente consegue diverse notifiche ministeriali dai dispositivi medici alle macchine, DPI ecc. Parallelamente alle nostre attività di laboratorio e di certificazione sono stati sempre erogati servizi di formazione sia in aula sia in azienda.
Negli anni '90 è avvenuta una notevole proliferazione della documentazione tecnica e normativa relativa al mondo delle misure (ad es. la pubblicazione della GUM, la nascita del GPS - Geometrical Product Specification, le prime bozze delle norme della serie ISO 14253, e diversi articoli tecnici su riviste specializzate quali Tutto_Misure) che aiutano a diffondere la cultura metrologica. Tantissimo è stato fatto in termini di formazione alle Aziende e per le Aziende, travasando l'esperienza di laboratorio di taratura e prova nei laboratori aziendali e cercando di impostare sistemi efficaci e confezionati su misura delle realtà aziendali. In quegli anni le Aziende (imprenditori e quadri dirigenti) erano fortissimi alleati con i quali discutere programmi e obiettivi della formazione/addestramento del personale.
Gli ultimi anni, fortemente caratterizzati da una riduzione della produzione e delle risorse disponibili, hanno portato le Aziende, e di conseguenza anche i laboratori, a un calo delle competenze tecniche originato anche dalla diminuzione di personale tecnico. In questo scenario si è persa la capacità di adottare tecniche di misura e prova adeguate nei vari ambiti, in produzione e anche in fase di controllo finale, o come validazione dei risultati di progettazione. La strada è in salita, perché occorre rimettere in discussione il modello organizzativo aziendale che negli ultimi cinque anni ha preso il sopravvento; è necessario ritornare a un forte legame e dialogo tra chi fa prove e misure e chi progetta o produce.
Un tecnico di laboratorio non si forma con una settimana di corso: deve apprendere il saper fare le misure e le prove, non solo conoscere come andrebbero fatte. La crescita culturale deve avvenire in azienda con applicazione continua dei concetti appresi durante la parte formativa (teorica) nelle proprie attività di tutti i giorni; occorrono tutoraggi a lunga distanza. CERMET ha ottenuto ottimi risultati con piani di formazione molto estesi nel tempo. Purtroppo ciò è in controtendenza con le esigenze odierne delle aziende di ottenere ciò che si desidera in breve tempo (e a basso costo).
Negli ultimi mesi CERMET sta affrontando la Certificazione MID di alcune tipologie di misuratori, e si rileva che aziende che si propongono come costruttori metrici sono ben lontane dalla consapevolezza di cosa significa misurare e garantire la conformità a requisiti, in questo caso, cogenti. Gli stessi imprenditori devono esigere che all'interno della propria azienda si sviluppi e maturi una cultura metrologica che potrà tutelarli in futuro e differenziarli da costruttori meno evoluti.

LA METROLOGIA È UNA ROUTINE OPPURE UN ASSET STRATEGICO DELLE AZIENDE?

Amedeo Vercelli (AICQ-Piemontese, Torino)

La mia esperienza come Responsabile della Qualità in una grande azienda nel campo *automotive* e, più recentemente, come Responsabile della Formazione dell'AICQ Piemontese mi ha fatto constatare che il Management delle piccole e medie aziende manifatturiere considera non di rado l'attività della sala metrologica come una *routine* e non come un *asset* strategico, e quindi è poco disponibile a investire in attrezzature, manutenzione e formazione degli Addetti. Nel mio breve intervento, metto in evidenza alcuni temi sia per le Direzioni aziendali, per orientarle nella corretta progettazione dei Piani formativi, sia per i Tecnici coinvolti nella formazione per valorizzare e orientare correttamente la loro professione di metrologi.
In effetti, nella grande maggioranza delle misure, la precisione è molto superiore alle necessità minime per l'indagine: gli errori dei sistemi di misurazione sono, in questi casi, trascurabili. Tuttavia esistono situazioni, meno frequenti ma tutt'altro che rare, nelle quali la precisione richiesta alle misure è così alta che l'errore degli strumenti non può più essere sottovalutato. È quindi responsabilità primaria di un Ente come AICQ, che ha come missione la diffusione della cultura della Qualità, portare all'attenzione delle Direzioni Aziendali i rischi di una

sottovalutazione della Metrologia, in particolare, nelle fasi di sviluppo e sperimentazione di nuovi prodotti e/o derive impreviste dei processi.
Inoltre l'AICQ, come Ente formativo, deve realizzare corsi che sappiano convincere e coinvolgere i partecipanti sulla concretezza dei rischi connessi sia a un inadeguato uso degli strumenti a loro disposizione sia all'incompleta applicazione delle procedure.

La Statistica è una disciplina potente ma non sostituisce l'arte del misurare

I Docenti devono introdurre i concetti statistici soltanto dopo che siano state illustrate e comprese le problematiche operative della Metrologia, cosicché i metodi statistici possano essere presentati come un aiuto all'analisi più approfondita dei dati per quantificarne l'incertezza. Questo è il presupposto essenziale per consentire interventi migliorativi (sugli strumenti, sulle procedure, sull'addestramento del Personale) per la qualità delle misure.
Il fatto che la Statistica aiuta a circoscrivere l'area dove è più proficuo introdurre provvedimenti migliorativi, e non può mai sostituirsi all'esperienza e creatività dello specialista, può essere sfruttato per mantenere vivo l'interesse dei discenti che non devono vedere la Statistica come un'insidia o una scorciatoia al loro lavoro, ma come uno strumento a loro disposizione.

La Statistica tuttavia aiuta anche a fare scelte economiche

L'analisi di una serie di misure (es. R&R) richiede la conoscenza di aspetti relativamente sofisticati come la Verifica delle Ipotesi Statistiche e l'Analisi della Varianza. Queste ultime offrono anche un inquadramento razionale di aspetti economici d'interesse per il Management in tutti i Progetti di Miglioramento di prodotto e processo.

La Normativa è noiosa ma la sua approfondita conoscenza è fondamentale

Negli interventi formativi è necessario spiegare le Normative in modo coinvolgente che faccia riferimento all'attività operativa di tutti i giorni. A tal fine è utile evidenziare finalità e obiettivi concreti dei singoli aspetti normali, superare il formalismo e dare concretezza alle Norme.

METROLOGIA LEGALE: LA FORMAZIONE E IL SUO SIGNIFICATO UNIVERSALE

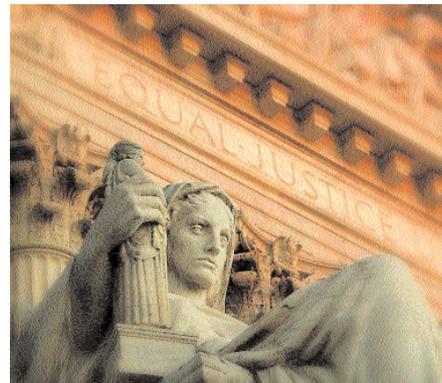
Maria Cristina Sestini
(Camera di Commercio, Prato)

La metrologia legale è materia complessa oltre che per la vastità delle conoscenze scientifiche che ne sono alla base, anche e soprattutto per le modalità giuridiche che determinano

l'uso delle informazioni scientifiche (le misure) e, non ultimo, delle implicazioni sul piano amministrativo e sociale che ne derivano. Ciò sta a rappresentare lo speciale rapporto che lega ciò che è vero (la misura) a ciò che è giusto (il comune sentire riguardo alla giustezza di un'operazione misurabile), e la legge che, attraverso la statuizione di procedure e tolleranze definite appunto "legali", pone i limiti del campo della legalità e definisce i sistemi di correzione, di natura civile, amministrativa o penale.
La domanda, in certa misura provocatoria, è: "Esiste una Scuola di metrologia legale?" Cosa vi si deve insegnare? E come? Con quale autorevolezza? A dire il vero, anche da un punto di vista oggettivo, esistono una pianificazione generale e programmi di studio formalizzati da una direttiva ministeriale, il cui svolgimento è preordinato al raggiungimento della qualifica ispettiva. Oltre il già citato Istituto Tagliacarne esistono centri di responsabilità, commissioni d'esame, verifiche e valutazioni in itinere, attestati di qualifica. Vi è inoltre anche un'articolata serie di incontri di formazione/informazione sui diversi temi specifici, di maggior approfondimento o per l'introduzione di nuovi aspetti attinenti la metrologia legale.
Tuttavia la varietà d'interventi sopra delineata non esaurisce le necessità formative, né sul piano quantitativo né su quello qualitativo. Il fatto più spiacevole per l'intero sistema è che questo smarrimento negli anni a seguire diviene preoccupazione costante per l'assenza di punti fermi. Il primo punto fermo che occorre riconoscere è che, se è vero, almeno in via di principio, che la scienza è libera, deve comunque potersi affermare che la metrologia legale, proprio per la sua stessa natura, non lo è né lo può essere pena il venir meno del suo compito essenziale. Il secondo punto è riconoscere i problemi reali. In una realtà caratterizzata da cambiamenti epocali in campo metrologico legale, la transizione da un sistema completamente sottoposto a forti controlli pubblici a uno più vasto, in cui solo pochi elementi essenziali sono soggetti a condizioni giuridiche, impone tra l'altro un ritiro del pubblico dal privato. L'affermazione sempre più spinta del principio comunitario ha determinato modifiche anche costituzionali che hanno reso l'ordinamento nazionale permeabile alla normativa europea producendo una ri-localizzazione di poteri giuridici e amministrativi e il trasferimento di alcuni poteri a livello comunitario. Inoltre la tecnologia e le nuove esigenze poste dalla società incrementano i temi e i problemi da risolvere in campo metrologico legale.
La terza affermazione è un corollario. L'opera avviata dall'Istituto Tagliacarne o una similare attività formativa ha a oggetto conoscenze scientifiche, informatiche, giuridiche, amministrative, linguistiche, giudiziarie e prassi operative le più varie e certo complesse, tali da richiedere, come avviene, un'impegnativa presenza di docenti qualificati nelle diverse discipline. Tuttavia l'aspetto qualificante è la necessità di assicurare, proprio attraverso formazione e informazione, quel coordinamento e interpretazione autentica, quella manifestazione d'autorevolezza e di certezza che sono elementi caratterizzanti l'applicazione delle discipline giuridico-amministrative e che non possono e non devono venir meno in una società evoluta, che anzi la loro assenza provoca scompensi in campo pubblico e rallentamenti in campo economico.

FORMAZIONE IN METROLOGIA E ACCREDITAMENTO

Mario Mosca (COPA-SIT/I.N.Ri.M., Torino)

In tutti i sistemi di gestione per la qualità l'importanza della metrologia, e specificatamente della riferibilità metrologica dei risultati delle misurazioni, è da considerarsi essenziale. In tale senso si esprimono gli accordi internazionali del WTO quando ricordano che il sistema dei mutui riconoscimenti (MRA) e degli accordi multilaterali (MLA) serve a impedire l'instaurarsi di barriere tecnologiche alla libera circolazione delle merci. L'adozione della Nor-ma ISO/IEC 17011 e poi del Regolamento Europeo 765/2008 ha portato a livello nazionale alla riorganizzazione del sistema italiano di accreditamento culminata con la designazione di

ACCREDIA quale Ente nazionale di accreditamento (Legge 99/2009 e DM del 22 dicembre 2009).
In questo quadro l'attenzione per la metrologia per l'assicurazione della qualità non potrà che trovare lo stesso tipo di riguardo che si è realizzato in altri paesi europei ad avanzato sviluppo tecnologico. Si tratta di realtà che ben conosciamo e con cui da tempo il sistema produttivo italiano si confronta. La normazione metrologica diventa quindi sempre più uno strumento di punta per migliorare i risultati della nostra economia. Buoni metrologi forniranno buone misure con cui qualificare i prodotti italiani al livello di ciò che il mercato richiede.
Le caratteristiche di questa formazione sono quelle che qualunque processo formativo deve offrire iniziando dalla qualificazione dei docenti e degli strumenti divulgativi impiegati. Si deve tener conto, nel mondo dei servizi alle aziende certificate, che anche la formazione dev'essere certificata. Nella realtà attuale, caratterizzata da globalizzazione e rapida evoluzione, un buon diploma scolastico non è più sufficiente garanzia di un processo che deve comprendere anche un aggiornamento continuo. Solo una formazione certificata da organismi accreditati di certificazione del personale, che verifichino la conformità della preparazione delle persone alla Norma ISO/IEC 17024 con un processo continuo di valutazione, offre la necessaria affidabilità e fiducia agli utenti.

L'ESPERIENZA ENEA NELLA FORMAZIONE METROLOGICA PER LA CHIMICA E LA BIOLOGIA

Giovanna Zappa (ENEA – C. R. Casaccia, Roma)

ENEA ha svolto attività pioneristica nello sviluppo della metrologia nei settori emergenti della Chimica e della Biologia, e fin da subito ha colto la grande necessità di promuovere la for-

mazione in questi nuovi settori applicativi, impegnandosi in diverse iniziative. Il ruolo di ENEA può essere considerato in qualche modo strategico, sia per la multisettorialità sia per la posizione di interfaccia tra scienza, ricerca metrologica e Metrologia Applicata, ovvero tra il mondo accademico e il mondo delle misure reali. ENEA infatti da un lato partecipa alla discussione a livello nazionale e internazionale e contribuisce alle attività di ricerca sui metodi e materiali di riferimento, dall'altro conduce attività analitica in molti settori applicativi (energia, salute e sicurezza, ambiente e beni culturali, agroalimentare, nuove tecnologie e materiali).

Ciò consente a ENEA di possedere un doppio punto di vista, e di assumere un utile ruolo d'interfaccia, in grado da un lato di trasferire con efficacia la cultura metrologica nei diversi ambiti applicativi e dall'altro lato d'indirizzare la ricerca e l'attività normativa verso le reali esigenze del mondo industriale e dei servizi.

Le tematiche affrontate da ENEA nelle attività di formazione in metrologia riguardano: la terminologia, tutti gli aspetti connessi con i Materiali di Riferimento (preparazione, certificazione, conservazione, scelta, utilizzo, ecc.), lo sviluppo e l'applicazione di metodi analitici, i parametri di qualità della misura, l'individuazione delle fonti e il calcolo dell'incertezza di misura, le valutazioni di conformità.

Le attività di formazione in metrologia svolte da ENEA sono ampie e diversificate, e vanno dalle semplici esperienze sperimentali per la scuola primaria, agli stage e tirocini per la scuola secondaria superiore e per la formazione post-diploma, all'attività accademica e di formazione post lauream (lezioni, tesi di laurea, borse di studio e dottorati di ricerca), fino alla formazione professionale.

ENEA ha realizzato (progetto MIUR C@mpus) un insieme di infrastrutture e servizi per la formazione e la comunicazione on-line e mette a disposizione nell'area dedicata (Eneascuola) corsi e iniziative per insegnati e studenti. Inoltre sulla nuova piattaforma FAC IV GEN sviluppata da ENEA per la formazione a distanza sono disponibili gratuitamente oltre 140 corsi e video lezioni per studenti, insegnanti e docenti, consulenti personale PMI e impiegati PA, alcuni dei quali riguardano specificatamente la metrologia e i temi correlati della qualità e certificazione.

Figura 2 – Formazione in misure all'ENEA

RIFLESSIONI SULLA FORMAZIONE METROLOGICA IN AZIENDA E SULL'OPPORTUNITÀ DI UN COORDINAMENTO

Giorgio Miglio (Q&M, Qualità & Metrologia sas, Arona - NO)

La formazione in materia metrologica erogata alle aziende è un'attività da sempre lasciata alla libera iniziativa dei docenti, i quali si sono mossi al meglio della loro esperienza e in funzione delle lacune concettuali man mano riscontrate nei contatti con il personale delle aziende. Ogni docente ha quindi creato, progressivamente, un proprio standard sulla base di proprie valutazioni dei successi/insuccessi ottenuti e dei riscontri positivi/negativi da parte delle aziende partecipanti. In questi casi un buon indicatore di successo è il numero di richieste di consulenza (successive ai corsi) da parte delle aziende per approfondimenti e, soprattutto, per la risoluzione di specifici problemi.

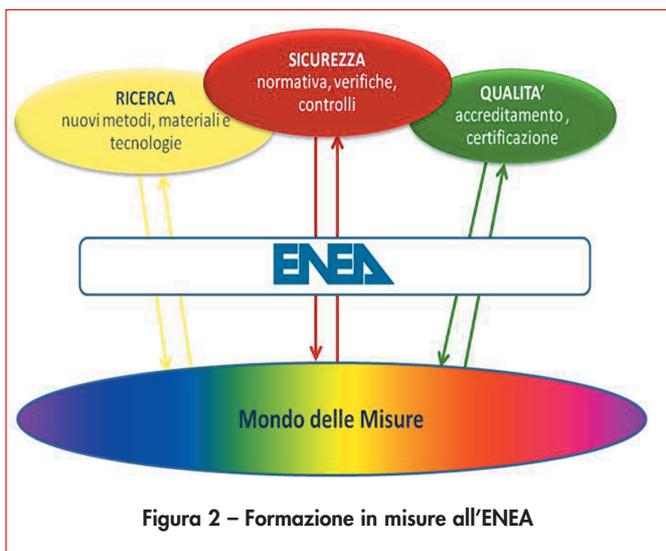
Fino a oggi l'assenza di standard o di coordinamenti si è fatta poco sentire, a mio avviso, per il fatto che PMI o anche aziende medio-grandi hanno presentato e presentano "vuoti" concettuali in materia di misurazioni. A favorire la creazione di "vuoti" nell'Industria sono stati, a mio avviso, alcuni mali cronicizzati.

1) Deficienza di formazione scolastica a tutti i livelli in materia metrologica, anche limitatamente ai concetti minimi generali: le aziende hanno dovuto supplire a proprie spese a tali deficienze nel tentativo di ridurre i rischi connessi ai processi di misurazione e le relative spese;

2) Assenza o scarsissima disponibilità, in azienda, di norme e guide di riferimento per chi esegue misure o per chi decide qualcosa sulla base dei loro risultati. Ciò indipendentemente dalla confusione spesso indotta dall'incoerenza tra talune norme e guide (anche solo in terminologia) quando sono coinvolti più settori di misura;

3) Insufficiente attenzione (e preparazione) sui requisiti metrologici, da parte dei valutatori di sistema qualità aziendali, in particolare per quanto riguarda la capacità d'interpretare i requisiti normativi e valutarli concretamente in termini applicativi (l'equilibrio costi/benefici e il livello di precisione necessario).

Oggi non è più tempo per accontentarsi di sanare le lacune, bensì occorrerebbe tentare di prevenirle sia per agevolare le aziende nella loro competitività, sia per far loro evitare spese inutili dovute a fraintendimenti sui risultati dei controlli in uscita (fornitore) e in ingresso (cliente), a reclami privi di significato (spesso legati a un'insufficiente familiarità con il concetto di incertezza di misura), a rischi decisionali su conformità-non conformità a specifiche, ecc.

Una possibile via è la **formazione di un Gruppo di Lavoro guidato da I.N.Ri.M.**, che definisca prioritariamente una scaletta di temi base per un programma formativo destinato alle imprese: tali temi dovrebbero corrispondere ai "vuoti" riscontrati con maggior frequenza da coloro che hanno fatto fino a oggi docenza/consulenza in materia metrologica. Il Gruppo di Lavoro dovrà operare secondo un piano temporale coerente con l'impellente necessità di portare le nostre aziende almeno a evitare gli sprechi e i rischi inutili.

IL TEMA

A cura di Anita Calcatelli e Franco Docchio

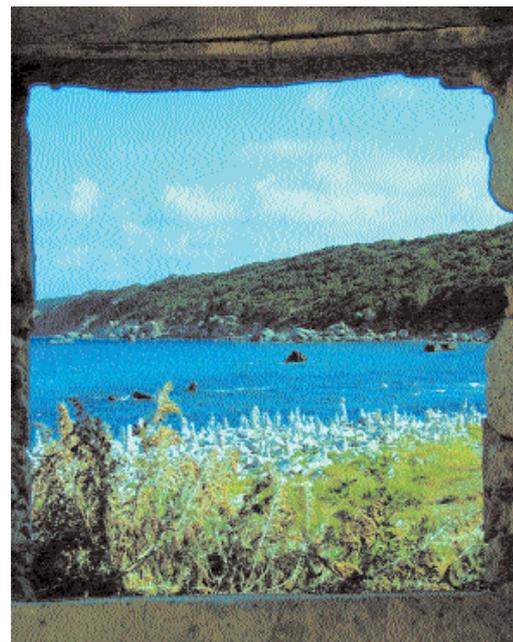
La formazione in metrologia: gli interventi

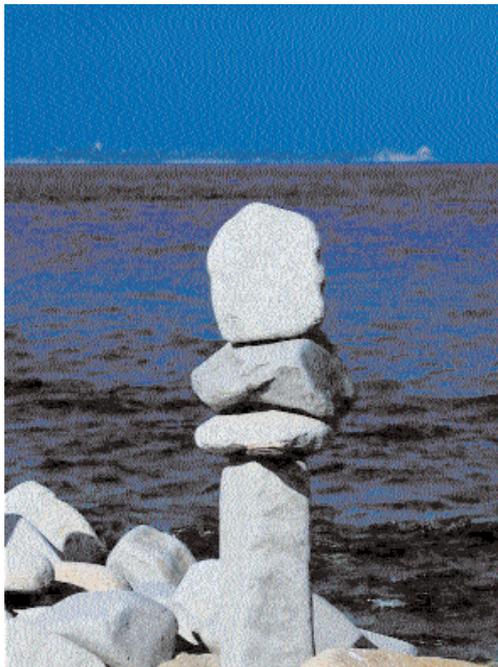
dalla Tavola Rotonda ad Affidabilità e Tecnologie 2010

TEACHING AND TRAINING IN METROLOGY: THE PRESENTATIONS
This article contains a synthesis of the contributions given by the audience at the Round Table "Teaching and Training in Metrology" held in Turin, at the Lingotto Congress hall, in the framework of the Event "Affidabilità e Tecnologie 2010" on April 15th, 2010.

RIASSUNTO
Quest'articolo riporta la sintesi degli interventi del pubblico, seguiti alle presentazioni programmate di cui all'articolo precedente, della Tavola Rotonda su "Formazione in Metrologia" che si è tenuta a Torino, presso la sede del Lingotto, nel quadro dell'Evento "Affidabilità e Tecnologie 2010" il 15 Aprile 2010.

Lanna (Studio Lanna, Roma)
Lo Studio Lanna di Roma si occupa da 30 anni di qualità e sicurezza e di Metrologia al servizio di grandi aziende multinazionali che hanno avuto la sensibilità di adottare efficaci modelli formativi per la metrologia. Dagli interventi ascoltati sembra che sia possibile definire una struttura piramidale per la formazione alla Metrologia, che parte dal livello della scuola con lo scopo di creare un linguaggio comune per i neofiti, seguito da un livello d'ingresso aziendale per fornire un glossario di concetti di base, e dal livello superiore, con una formazione trasversale con la partecipazione di tutti e non solo degli addetti ai lavori. Infine si dovrebbe avere una formazione specifica per pochi specialisti con mansioni particolari.
I punti deboli che sono stati messi in evidenza sono condivisibili. La Statistica (ripetibilità e riproducibilità, T di Student…) per i lavoratori che si occupano di metrologia è ostica. Altro aspetto sottolineato da Zappa è quello connesso con il modello formativo. Bisogna chiedersi (e tentare di rispondere) quale modello formativo risponda meglio a esigenze e obiettivi diversi, in particolare per le PMI spesso alle prese con un'abissale ignoranza degli aspetti metrologici. È peraltro errato illudersi che sia sufficiente assumere un laureato in uno specifico campo (chimico, fisico, ingegnere) per pensare di aver risolto tutti i problemi. Dunque dovremo innanzi tutto cercare di stabilire se vi può essere un modello comune per una pluralità di aziende indipendentemente dalle loro dimensioni o se sono necessari tanti modelli specifici.

Calcatelli
È necessario stabilire alcune direttrici: innanzi tutto vi dovrebbe essere un livello di base irrinunciabile per tutti i cittadini, e questo vuol dire avere cittadini consapevoli di quello che leggono, in grado di guardare in modo critico dati che vengono loro proposti. A farsi carico di questo livello dovrebbe esserci la scuola, che però sappiamo in che stato è (anche se vi sono punte di eccellenza dovute a esperienza e volontà di singoli insegnanti). All'I.N.Ri.M. ci siamo sovente impegnati nella scuola, ma in modo sporadico e per iniziativa di singoli ricercatori. Ora iniziamo a cercare di operare in modo sistematico. È stato predisposto un progetto che dovrà essere messo in pratica, quindi sperimentato, valutato, migliorato. Stiamo incontrando non vere e proprie difficoltà, ma lungaggini di ordine burocratico prevalentemente parte delle organizzazioni scolastiche, che rendono difficile far partire l'iniziativa. L'I.N.Ri.M. fa quel che può ma avrebbe necessità di poter contare su una via più snella per sensibilizzare la scuola, e quindi stimolare alla collaborazione, insegnanti esperti in formazione di altri insegnanti (formare i formatori).

Nota del Direttore: Poiché quando ho redatto questo articolo mi trovavo in vacanza a Villasimius (CA), ho ritenuto opportuno inserire alcune fotografie scattate nella splendida ex cava di Granito di "Cava Usai", per l'occasione divenuta palestra per turisti/artisti dediti a comporre sculture improvvisate sovrapponendo le pietre. L'ultima foto è una sorta di "autoritratto".

a.calcatelli@inrim.it
franco.docchio@ing.unibs.it

Però, non si può aspettare che "giovani metrologi crescano": bisogna iniziare a lavorare sulle aziende. Sono convinta che sia efficace l'utilizzo di Internet per le lezioni di base sulla Metrologia. Corsi on-line devono essere accessibili a tutti, specie alle PMI. Da quello che abbiamo sentito, per le grandi imprese non sembrano esserci problemi, ma bisogna che ci siano sensibilità e consapevolezza perché sia concesso al dipendente il tempo necessario per prepararsi. Come si è detto, non basta assumere un Ingegnere perché i problemi metrologici siano risolti! Come I.N.Ri.M. cercheremo di mettere a disposizione le nozioni di base: unità, grandezza, sistema SI e sua struttura, organizzazione nazionale e internazionale della Metrologia, concetti di incertezza, ecc. Abbiamo qualche richiesta da parte di insegnanti di istituti tecnici di corsi sull'incertezza, ma vogliamo aspettare che sia avviato quello generico sulla metrologia prima di muoverci anche su questa strada. Bisognerebbe che anche le aziende si rendessero conto delle necessità metrologiche. Dalla crisi un Paese esce con innovazione, cultura e qualità, che non si vedono.

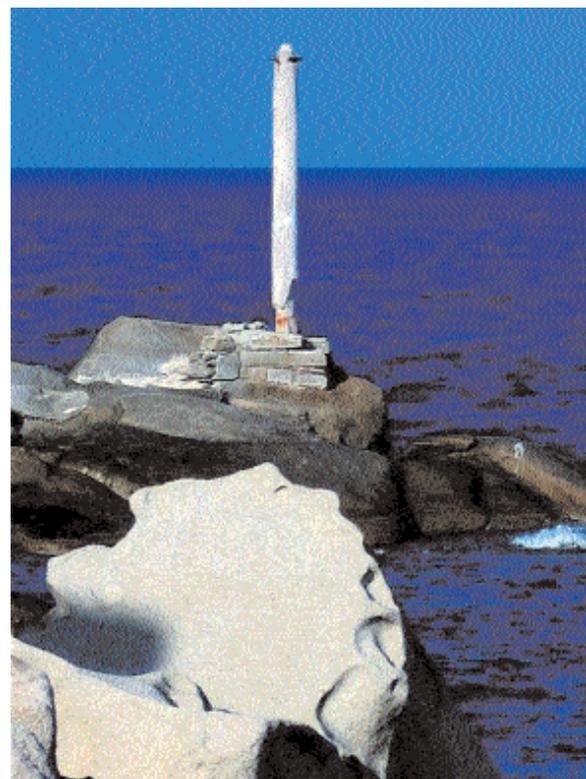
Miglio
I valutatori di sistema qualità avrebbero certamente una forte opportunità. Conosciamo bene le ISO 9000. In esse sono contenuti punti che, se dessero importanza alle misure, avrebbero la possibilità di mettere in evidenza le lacune che tutti conosciamo. Queste lacune, se trasformate in non conformità, costringerebbero l'azienda a reagire, come negli anni '90 e 2000. In seguito, purtroppo, (all'affacciarsi dell'incertezza non solo come definizione astratta) i valutatori hanno "tirato i remi in barca", e le non conformità riscontrate nei sistemi di misura sono diventate pochissime e banali.
Ciò significa non rendersi conto del rischio che un'Azienda corre quando esegue controlli in ingresso e uscita

sui propri prodotti (conformità o meno alle specifiche gestendo l'incertezza di misura che, come sappiamo, ha un doppio taglio, e può essere sopravvalutata o sottovalutata, in entrambi i casi con enormi sprechi di risorse). In generale, le aziende *motu proprio* non si creano i problemi da sole, gli auditor interni evitano di sollevarli, quelli esterni sottacciono i problemi altrimenti corrono il rischio di essere rimpiazzati. Occorre avere il coraggio di utilizzare i mezzi (che ci sono) per far ripartire in modo intelligente le non conformità relative alle misure (che una volta facevano trovare le aule dei corsi di formazione piene).

Ughetto
Si occupa di qualità dal 1957 e girando per le aziende ha visto cose incredibili. Oggetti misurati nello stabilimento di produzione, mandati al cliente, rinviati al produttore perché non a specifica, e di nuovo al cliente e così via. Ad esempio, a un oggetto misurato su banco tridimensionale si richiedeva una precisione di 1 μm; il fornitore proponeva un metodo ottico di precisione con precisione garantita di 1 μm, ma i risultati differivano di 126 μm! C'è difficoltà a comprendere che cosa significano i termini strumento e processo, e quindi a tener conto di tutto ciò che influenza una misura. Inoltre oggi scarseggiano testi di informazione/formazione. Sta scrivendone uno, in stampa entro quest'anno, che sarà aperto al contributo di chiunque abbia qualcosa da dire.

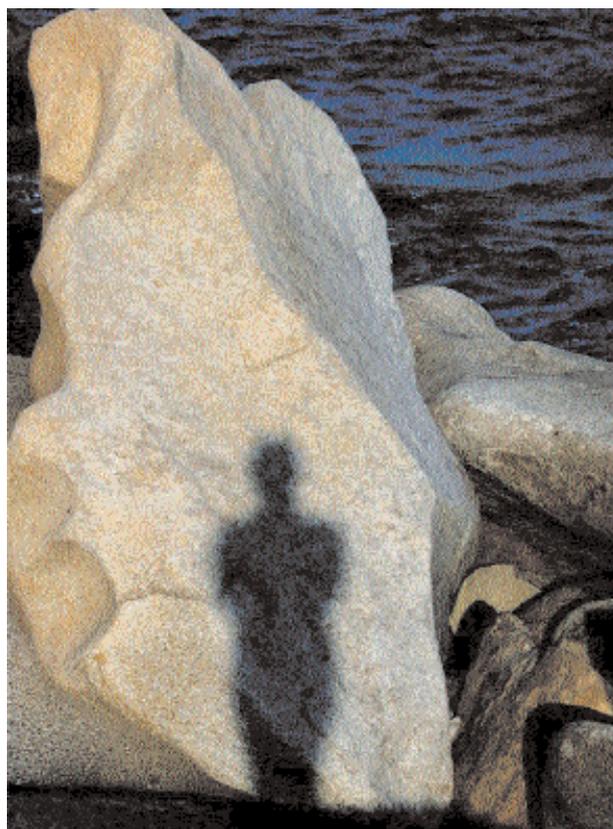
Buso
Consulente industriale per la qualità dal 1965 nel settore automotive, fa notare che il continuo intervento sulle norme, in particolare sulla ISO 9001 in versione 2008, ha dato un discreto contributo a svuotare di contenuti tutto il discorso della metrologia, come si può notare dal confronto dei requisiti indicati nel punto 4.11 della vecchia 9001 con il punto 7.6 dell'attuale norma. Se già con le norme si va in questa direzione si ha anche una drastica riduzione sulle specifiche tecniche, sulla formazione, ecc.. Concorda con Miglio quando afferma che è difficile che i valutatori di sistemi di qualità vadano a leggere dati di scheda o di taratura di uno strumento, o commentino i risultati. Il consulente invece discute con il responsabile qualità e con i tecnici, commenta i risultati e vuole conoscere l'origine dei numeri che vengono presentati. Per non parlare delle normative come la 14253; nessuno sa che esiste la conformità o la non conformità o la terminologia.

Calcatelli
Piano piano, a ogni rinnovo di una norma si ha la perdita di qualche concetto base, con la scusa di rendere le norme valide per tutti. Nel nostro settore non si hanno norme per la verifica della formazione del personale come capita per le Prove Non Distruttive; qui esiste una norma europea per la formazione del personale, e c'è tutto un processo di verifica e certificazione del personale che opera nel settore dei controllo a vari livelli. È il caso di proporre un sistema del genere anche per chi opera nel campo del controllo di qualità?

Sartori
Si può a questo punto introdurre il tema della certificazione del personale al quale Mario Mosca ha dato un grossissimo contributo nel suo intervento. Ci sono stati vari incontri in commissione centrale tecnica UNI in cui si discuteva sulla gestione del rischio, ed è emerso subito il problema della formazione e della certificazione del personale addetto al rischio. Il progetto è stato bocciato all'unanimità. Le aziende non vogliono la certificazione del personale perché il personale certificato ha costi aggiuntivi. In Danimarca e in UK non si parla di problemi di formazione, perché la formazione c'è. In Italia Il 20% del prodotto è in nero. È possibile parlare di formazione in un Paese così? Rispetto a 40-50 anni fa la situazione sta peggiorando in maniera drammatica. Non c'è cultura. Non si può fare un discorso sulla cultura metrologica se non c'è la cultura *tout court*. In valore assoluto spendiamo quanto 20 anni fa, ma in realtà le aziende non stanziano fondi per la ricerca e lo Stato è al di sotto

dell'1%, mentre i Paesi con cui si compete sono anche al 4%. Come è possibile parlare di diffusione della cultura? La Finanziaria 2008 nella prima stesura stabiliva il passaggio delle competenze di metrologia legale dalle Camere di Commercio ai Comuni (da 100 uffici a 8000!). C'è stata una sollevazione globale, si è mossa la rivista "Tutto_Misure", il Ministero è stato inondato di mozioni, e (per fortuna) questo passaggio è stato cancellato. Questo dimostra che, quando ci si muove, qualcosa si ottiene, ma per il resto si bada soprattutto ai condoni.... In conclusione, o ci si rimbocca tutti le maniche e si collabora tutti, o ci si deve scordare la cultura metrologica.

Calcatelli
Concordo con quanto detto da Sartori ma affermo che a fronte del generalizzato calo culturale del nostro Paese è necessario fare qualcosa. Un primo passo è stato questo incontro, in cui si è potuto dibattere, e la cui importanza è testimoniata dal numero di presenti. Un altro punto da evidenziare è che quello che si sta facendo è troppo parcellizzato. Da quando mi occupo di Metrologia (e sono molti anni) ho notato che esiste una miriade di Enti di formazione. Certo, ognuno ha il diritto di fare formazione come vuole, ma esiste la necessità di raccordarsi, fare sistema! Ora, quale può essere il contributo di ognuno? C'è un modo per armonizzare almeno la formazione in Metrologia in questo Paese? La tavola rotonda di oggi è un modo valido per parlarsi? È necessario continuare, riunirsi almeno una o due volte l'anno, utilizzare le esperienze di tutti? Questo Paese ha tante cose da dire, le sa dire, ma è necessario trovare il modo di arrivarci.
Indagando sul training ho visto *Train-MiC*, che mi ha interessata e sembra essere un modo per fornire un modo di fare formazione condiviso: esso dimostra che se si fa sistema, anche in una cerchia ristretta, senza pretese ma coerentemente, si può essere utili.

Gaetano Montebelli
(Contributo finale pervenuto alla coordinatrice Calcatelli in forma scritta, dopo l'evento)
Faccio seguito all'interessante Tavola Rotonda del 15 aprile, per evidenziarle alcune riflessioni e spunti di proposte sulla base di quelle che mi sono sembrate essere state le conclusioni più interessanti.

1. La cultura metrologica nelle PMI e nella formazione scolastica, salvo rare eccezioni, non è adeguata all'attuale evoluzione industriale, legale, certificativa e, più in generale, del mercato e della società.
2. In particolare, il mondo industriale, costretto anche dal momento congiunturale negativo e dalla spietata concorrenza dovuta a una globalizzazione senza controllo, non è sensibile alla rilevanza dei ritorni che potrebbe avere da una politica di corretti interventi metrologici quale investimento a medio termine.
3. La realtà del mercato certificativo e la specificità del popolo italiano suggeriscono di non intraprendere percorsi che portino a tentativi di imporre la corretta applicazione delle metodologie metrologiche (come, ad esempio, tramite non conformità rilevate in audit di certificazione).
4. Più efficace sarebbe il rendere meno "vaghe" le norme EN di sistema che, per acquisire un linguaggio polisettoriale, si sono di fatto svuotate di contenuti tecnici. Tuttavia questa strada, ammesso di volere percorrerla con un ciclopico sforzo di coordinamento tra le parti, richiederebbe tempi lunghi prima di poterne apprezzare gli eventuali ritorni positivi.
5. A breve, al fine di migliorare una corretta conoscenza ed applicazione della metrologia in Italia, rimane, quindi, solo un massivo investimento culturale articolato in:
   - formazione a più livelli (scuola d'obbligo, scuola media, Università) e in più forme (frontale, telematica, gratuita a pagamento, in collaborazione con Associazioni culturali e di categoria, con Università e con gruppi industriali);
   - coordinamento delle iniziative (da parte di un costituendo gruppo di lavoro presieduto da I.N.Ri.M.) per non disperdere gli sforzi e per fare massa critica, al fine sia di intervenire con autorevolezza nelle sedi istituzionali, sia di realizzare con successo progetti (ottenendone, ove possibile, i relativi finanziamenti) finalizzati a migliorare la cultura metrologica nel nostro Paese.

Walter Bich

Il riassetto del Sistema Internazionale di Unità

Presentato alla XXIX Giornata della Misurazione, 10-11 Giugno, Roma

THE REORGANIZATION OF THE INTERNATIONAL SYSTEM OF UNITS
After a short historical background, the actual version of the International System of Units (SI) is presented in a concise and simple form, and the proposal of modifications presently discussed is outlined.

RIASSUNTO
Dopo un breve excursus storico, si delinea il Sistema Internazionale di Unità (SI) nella sua struttura attuale, e si presentano le proposte di modifica recentemente avanzate.

UN PO' DI STORIA

Nel 1788, alla vigilia della Rivoluzione, si contavano in Francia circa 2 000 differenti unità di misura. Solo nel campo delle unità di massa, si contavano 200 diverse *livres* o libbre [1]. I famosi *Cahiers de doléances* [2], i quaderni o registri delle lamentele, redatti da clero, nobiltà e terzo stato, in uso fin dal XIV secolo e che, come dice il loro nome, raccoglievano i motivi più svariati di lamentela, nell'anno 1789, in occasione degli Stati Generali di quell'anno, insistevano sulla necessità di razionalizzare questo settore. La molteplicità di pesi e misure era vista (giustamente) come un mezzo per vessare (truffare?) il popolo nelle transazioni commerciali. La Rivoluzione istituì una commissione incaricata di esaminare il problema e proporre soluzioni. Una prima pietra miliare fu la promulgazione, il 7 aprile 1795, della legge sui pesi e misure "repubblicani". Il primo gennaio 1840 la Francia adottò il "sistema metrico" su tutto il territorio.
Nel 1875 la firma, da parte di diciassette Stati (ora sono cinquantaquattro), della Convenzione del Metro, uno dei primi trattati internazionali sancì, attraverso l'istituzione del Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), l'internazionalizzazione del sistema di unità basato su quello francese. La consacrazione definitiva avvenne nel 1960, quando l'undicesima Conferenza generale sui pesi e sulle misure (CGPM) diede il nome attuale, Sistema Internazionale di Unità, in breve SI, al sistema pratico già in uso dal 1954. Per ulteriori dettagli sulle fasi intermedie di questo processo, si veda [3].

IL SISTEMA ATTUALE

Il Sistema internazionale si è venuto formando nel tempo, fino alla configurazione attuale. Questa si articola in sette **unità di base** (Tabella 1), corrispondenti ad altrettante grandezze. Le unità di base erano sei fino al 1971, anno in cui venne aggiunta la mole.
Ogni unità ha una sua definizione. L'insieme delle definizioni rispecchia l'evoluzione nel tempo del sistema.
A grandi linee, si possono distinguere alcune tipologie di definizione, dalla più antica alla più avanzata. Il tipo più vecchio è basato su un **campione artificiale**, costruito dall'uomo. È questo il caso della definizione dell'**unità di massa**, l'ultima rappresentante di questa tipologia. Essa è definita così:

- **L'unità di massa è il kilogrammo; esso è uguale alla massa del prototipo internazionale del kilogrammo.**

In formule:

$$\mathrm{kg} = m(\boldsymbol{K})$$

dove ***K*** indica, appunto, il prototipo.
In tempi più lontani anche la definizione dell'unità di lunghezza era dello stesso tipo, riferendosi alla lunghezza di un regolo (il prototipo internazionale del metro).
Una definizione di questo tipo è chiara e inequivocabile ma soprattutto completa. Ha però un notevole svantaggio pratico, cioè l'assenza di qualsivoglia garanzia sulla costanza nel tempo del campione scelto. Addirittura, è lecito pensare che un oggetto costruito dall'uomo sia, per sua stessa natura, soggetto a deperimento o comunque a

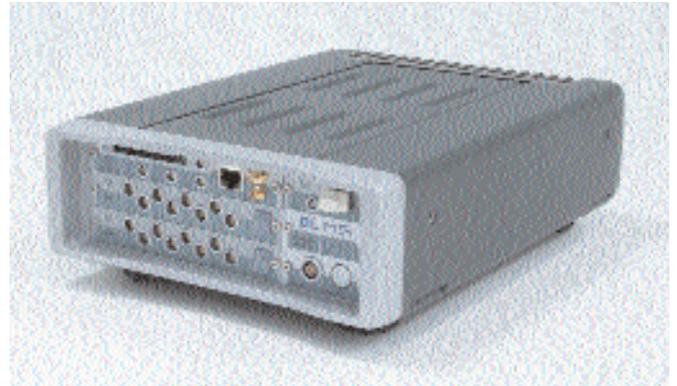
Tabella 1 – Le unità di base del Sistema Internazionale (* dal 1971)

Grandezza	Unità	Simbolo
Lunghezza	metro	m
Massa	kilogrammo	kg
tempo, durata	secondo	s
corrente elettrica	ampere	A
temperatura termodinamica	kelvin	K
intensità luminosa	candela	cd
quantità di sostanza *	mole	mol

I.N.Ri.M., Torino
w.bich@inrim.it

TOMOGRAFIA NELLA TECNOLOGIA DI MISURA A COORDINATE

La Werth consolida il proprio ruolo guida nel settore della tecnologia di misura a coordinate con tomografia a raggi X con il successo ottenuto dalla *TomoScope® HV Compact*, che ha consentito all'azienda tedesca di completare il distacco fra l'imponente *TomoScope® HV 500* e la piccola *TomoScope® 200.*
La *TomoScope® HV Compact* (distribuita in esclusiva in Italia dalla RUPAC srl di Milano) è adatta alla misura di componenti ad alta densità in alluminio, acciaio, titanio, materiali compositi, ceramica e plastica caricata con fibra di vetro. È importante sottolineare che la macchina è stata concepita secondo il concetto modulare.
Tre sviluppi successivi consentono di adattare il sistema in modo ottimale alle specifiche necessità applicative:
– Macchina di misura a coordinate, in configurazione base, con sensore per tomografia, realizzata con software e componenti accuratamente collaudati. Tracciabilità ai master di lunghezza dell'Istituto di Metrologia nazionale tedesco PTB (Physikalisch Technischen Bundesanstalt) attraverso campioni tarati, in conformità alle norme relative alle macchine di misura a coordinate ottiche e a contatto.
– Equipaggiabile con tomografia a griglia per la misura ad alta risoluzione di parti di piccole dimensioni e di componenti di grandi dimensioni.
– Settori applicativi espandibili, grazie alla tecnologia multisensore, attraverso la combinazione di sensori addizionali, ottici o a contatto, come ad esempio i sensori *Werth Fiber Probe* o *Werth Laser Probe*. Ciò consente diversi vantaggi: misura di pezzi costituiti da diversi materiali (ad es. interno in acciaio, esterno in plastica); riduzione a pochi micron della deviazione di misura del sensore tomografico, grazie al sistema Werth di auto-correzione (patent pending); misura completa del pezzo tramite tomografia e misure addizionali di dimensioni funzionali, con elevata accuratezza grazie a sensori di alta precisione, in un unico ciclo di controllo e con un unico sistema di misura.
Werth è il solo costruttore a garantire la tracciabilità dei risultati di misura ai master di lunghezza del PTB, tenendo nella dovuta considerazione il tipo di materiale e la geometria del pezzo.
Naturalmente vengono fornite specifiche per le deviazioni di misura, come per una tradizionale macchina di misura a coordinate. La completa integrazione software di tutte le funzioni necessarie per misure automatiche rende il sistema molto semplice da utilizzare.
Per ulteriori informazioni: **www.rupac.com**

NUOVO FRONTALE DI ACQUISIZIONE A 16 CANALI: POTENTE MA COMPATTO E LEGGERO

In un mondo in cui le scadenze sono sempre più ravvicinate e le risorse sempre più esigue, LMS continua a innovarsi e ad arricchire il proprio portafoglio con nuovi prodotti, come lo *SCADAS Mobile 02* e la *serie-E* di moduli di acquisizione super-efficienti.
Il nuovo *SCADAS Mobile 02*, con i suoi 16 canali, è un frontale di acquisizione potente, ma compatto e leggero, progettato per essere trasportato anche in situazioni difficili. Ideale sia per l'utilizzo quotidiano sul campo o in laboratorio, può essere collegato direttamente a svariati trasduttori per misure di rumore, vibrazioni e fatica e a centraline CAN per lo streaming parallelo dei dati.
Monta un ricevitore GPS integrato, che aggiorna istantaneamente la posizione nel tempo e la velocità. Modulare, il frontale ha 2 slot per schede di acquisizione e può essere configurato in modalità master-slave con processamento parallelo per i test a elevato numero di canali.
Progettati per evitare lunghi set-up, i nuovi moduli della *serie-E* non necessitano di configurazione manuale del guadagno e dei canali e non solo velocizzeranno il processo di set-up, ma ridurranno sensibilmente gli errori mostrando, attraverso indicatori a LED, la qualità della misura stessa.
Per non compromettere la qualità delle misure, i moduli di condizionamento della *serie-E* offrono un range dinamico di 150 dB effettivi e frequenza di campionamento di 204.8 kHz in grado di soddisfare le applicazioni ingegneristiche più avanzate. Con questa nuova tecnologia hardware è possibile misurare accuratamente in svariate condizioni di impiego e fornire il condizionamento più opportuno per tensione, ICP, carica, ponti estensimetrici, audio digitale e microfoni convenzionali. Il tutto senza richiedere una procedura di auto-ranging.
"*Dopo il recente successo dello SCADAS Durability Recorder* – lo strumento ideale per l'analisi sul campo di rumore, vibrazioni e fatica – *e con il rilascio del nuovo acquisitore a 16 canali, LMS espande la già ampia gamma dei frontali della famiglia SCADAS. Il frontale LMS SCADAS Mobile 02 e i nuovi moduli di acquisizione della serie-E aiuteranno senza dubbio ad ottimizzare i processi di acquisizione e le risorse – facendo risparmiare tempo e denaro*", ha dichiarato Bruno Massa, Vice Presidente della divisione LMS Test.

Per ulteriori informazioni: **www.lmsitaly.com**

Figura 1 – Il kilogrammo Prototipo Internazionale, attuale unità di massa (cortesia BIPM)

variazioni. D'altra parte, la definizione del kilogrammo, come quella del metro, intendevano rifarsi a grandezze dal valore più stabile, quali, rispettivamente, la massa di un decimetro cubo di acqua pura alla temperatura di 4 °C e la milionesima parte del quarto di meridiano terrestre che passa per Parigi, e ciò in maniera del tutto simile alla definizione dell'unità di tempo, basata sul periodo di rivoluzione terrestre. Solo dopo aver riscontrato l'esistenza di inevitabili e prevedibili scostamenti tra il campione naturale scelto e la sua materializzazione, si scelse di abbandonare ogni riferimento al campione naturale, riferendo la definizione alla sua materializzazione.

Una seconda tipologia di definizione è quella ancora basata su un **campione**, ma questa volta **naturale**.

È questo il caso dell'**unità di tempo**, il secondo, definito così:

- **Il secondo è la durata di 9 192 631 770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133.**

Ne consegue che **la separazione iperfina dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133** è esattamente pari a 9 192 631 770 hertz, ν (hfs Cs) = 9 192 631 770 Hz.

In formule:

$$s = 9\,192\,631\,770/\nu(\text{hfs Cs})$$

Ma è anche il caso dell'**unità di temperatura**, il kelvin, definito come:

- **Il kelvin, unità di temperatura termodinamica, è la frazione 1/273,16 della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua.**

Ne consegue che **la temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua** è esattamente pari a 273,16 kelvin, T_{tpw} = 273,16 K.

In formule:

$$K = T_{tpw}/273{,}16$$

Anche l'**unità di quantità di sostanza**, la mole, è definita in questo modo:

- **La mole è la quantità di sostanza di un sistema contenente tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kilogrammi di carbonio 12; il suo simbolo è "mol".**
- **Quando si usa la mole, le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, altre particelle o gruppi specificati di tali particelle.**

Ne consegue che **la massa molare del carbonio 12** è esattamente pari a 12 grammi per mole,

$$M(^{12}C) = 12 \text{ g/mol}.$$

In formule:

$$\text{mol} = 12 \text{ g}/m(^{12}C)$$

dove $m(^{12}C)$ indica la massa di un atomo di carbonio 12.

Anche queste definizioni sono chiare e, a eccezione di quella della mole, che si appoggia a quella del kilogrammo, complete. Inoltre, un campione naturale presenta il vantaggio, rispetto a uno artificiale, di una maggiore stabilità nel tempo e soprattutto di una universale disponibilità, a fronte forse della necessità di specificare in dettaglio le condizioni necessarie a realizzare il campione; per esempio, è necessario specificare che l'atomo di cesio si intende a riposo e alla temperatura di 0 K. Definizioni di questo tipo sembrano suggerire implicitamente le modalità di realizzazione dell'unità.

A mo' di commento finale, osservo che è possibile leggere le definizioni di questo tipo come basate su una costante, ancorché non universale, o fondamentale. Così le definizioni del secondo, del kelvin e della mole si basano rispettivamente sulla separazione iperfina dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133, sulla temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua e sulla massa molare del carbonio 12.

Vale la pena di distinguere quando il campione naturale non ha carattere specifico, ma universale, o fondamentale. In questo caso si ha a che fare con definizioni basate su **costanti universali**. È questo il caso dell'**unità di lunghezza**, il metro, definito come:

- **Il metro è la lunghezza del tragitto percorso dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo pari a 1/299 792 458 di secondo.**

Ne consegue che la **velocità della luce nel vuoto** è esattamente pari a 299 792 458 metri al secondo, c_0 = 299 792 458 m/s.

In formule:

$$m = 1/299\,792\,458\; c_0\, s$$

Storicamente, la prima unità a essere definita in termini di una costante fondamentale fu l'unità di corrente elettrica, nel 1948:

- **L'ampere è la corrente costante che, mantenuta in due conduttori rettilinei e paralleli aventi lunghezza infinita e sezione trascurabile, posti in vuoto alla distanza di 1 metro, produce tra i due conduttori una forza pari 2 x 10–7 newton per metro di lunghezza.**

Ne consegue che la **costante magnetica**, μ_0, è esattamente pari a $4\pi \times 10^{-7}$ henry per metro, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m.

In formule:

$$A = N^{1/2}[\mu_0/(4\pi \times 10^{-7})]^{-1/2}$$

In questo caso, come si vede, la presenza della costante fondamentale, la permeabilità magnetica del vuoto o costante magnetica, è meno immediata ma non per questo meno determinante.

Queste definizioni sono soddisfacenti dal punto di vista concettuale, in quanto si appoggiano a costanti uni-

Tabella 2 – Alcune novità derivate coerenti del Sistema Internazionale

Grandezza	Unità	Simbolo	In termini di altre unità SI	In termini di unità SI di base
frequenza	Hertz	Hz		s^{-1}
forza	Newton	N		$m\ kg\ s^{-2}$
energia, lavoro, quantità di calore	Joule	J	N m	$m^2\ kg\ s^{-2}$
potenza, flusso radiante	Watt	W	J/s	$m^2\ kg\ s^{-3}$
carica elettrica	Coulomb	C		s A
differenza di potenziale elettrico, forza elettromotrice	Volt	V	W/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
resistenza elettrica	Ohm	Ω	V/A	$m^2\ kg\ s^{-3}\ A^{-2}$

versali. Lo sono meno sul piano semantico, in quanto soffrono di circolarità e incompletezza. Per circolarità intendo il fatto che un'unità di base viene definita in termini di un'unità derivata: per esempio, l'unità di lunghezza contiene nella sua definizione la velocità. Per incompletezza il fatto che sia necessario già conoscere altre unità di base per specificare completamente l'unità oggetto della definizione: per esempio, la stessa unità di lunghezza contiene nella sua definizione l'unità di tempo. Non è difficile identificare tali problemi anche nella definizione dell'ampere.
Esiste un'ulteriore tipologia, basata su un valore costante accettato convenzionalmente. A questa categoria appartiene solo la **candela**, unità di intensità luminosa, di scarso interesse nel contesto specifico di questo articolo.
Sulle unità di base poggiano le unità derivate, combinazioni monomie di unità di base. Quando il coefficiente del monomio è pari a uno, l'unità è detta *coerente*. Molte unità derivate hanno nomi speciali, come è ben noto. La Tabella 2 riporta alcune delle unità di questo tipo che sono d'interesse nel nostro discorso.

TUTTO BENE, DUNQUE?

Questo quadro relativamente confortante presenta tuttavia un punto debole, legato alla definizione del kilogrammo. Della stabilità nel tempo di un manufatto è lecito, come già menzionato, diffidare, almeno in linea di principio. La definizione fu tuttavia per lungo tempo all'altezza delle necessità, e soprattutto adeguata alle prestazioni delle bilance disponibili, che non erano in grado di discriminare eventuali derive. Queste apparvero evidenti solo a seguito della terza verifica periodica dei prototipi nazionali di platino-iridio, effettuata negli anni 1988-92. In quell'occasione si osservò una deriva di tutto il gruppo dei campioni nazionali rispetto al Prototipo internazionale, meno marcata per i campioni più vecchi e più evidente per i più recenti. Ciò lasciava supporre che i campioni più recenti, costruiti con tecnologie più avanzate, fossero intrinsecamente più stabili rispetto a quelli più vetusti, tra i quali il Prototipo internazionale.
Si ritiene oggi che il kilogrammo Prototipo abbia perso, in poco più di un secolo, una massa pari a circa 50 µg, pari a 5×10^{-8} in termini relativi [4]. Questa conclusione implica che la definizione basata sulla massa del Prototipo non è più adeguata ai tempi. Infatti, le migliori bilance da 1 kg possono misurare differenze di massa dell'ordine di frazioni di microgrammo, e la tolleranza su un campione da 1 kg della massima precisione è di 500 µg, il che impone un'incertezza di misura dell'ordine di 150 µg. Per giunta, sul piano formale la massa del Prototipo vale comunque 1 kg per definizione, il che implica che ogni variazione reale del Prototipo si ripercuote sulle costanti fondamentali che dal kilogrammo dipendono (tra queste soprattutto le costanti di Planck e di Avogadro e la massa dell'elettrone).
Siamo dunque nella situazione paradossale in cui la massa del Prototipo, che sappiamo essere non costante, ha un valore per definizione immutabile e certo (ovvero senza incertezza) mentre costanti universali, sulla cui costanza siamo disposti a scommettere (come dice il nome stesso che abbiamo loro dato) hanno valori incerti.
In generale, la maggior parte delle costanti viene determinata sperimentalmente in termini delle unità SI pertinenti, con la conseguenza che i valori SI raccomandati per le costanti stesse hanno un'incertezza. I valori SI delle costanti universalmente accettati sono quelli raccomandati dal gruppo di lavoro "Fundamental Physical Constants" del Committee on Data for Science and Technology, CODATA. Questo gruppo di lavoro riaggiusta periodicamente i valori sulla base dei nuovi esperimenti mediante un algoritmo basato sui minimi quadrati e sulle relazioni tra le varie costanti. I valori più recenti sono stati pubblicati nel 2008 [5] e sono disponibili su Internet [6].
La Tabella 3 riassume la situazione attuale delle unità e di alcune delle costanti fondamentali di interesse nel nostro discorso.

SVILUPPI RECENTI

Nel 2005 alcuni influenti autori, in un articolo ormai famoso [7], proposero, allo scopo di risolvere le difficoltà, la ridefinizione del kilogrammo in termini di una costante fondamentale, quella di Planck o quella di Avogadro. L'anno successivo gli stessi autori proposero la ridefinizione di altre tre unità, l'ampere, il kelvin e la mole [8]. L'idea alla base della proposta è quella di estendere, fino a generalizzarlo, il riferimento delle unità a costanti universali o invarianti naturali, seguendo così la strada già delineata nelle defi-

Tabella 3 – Le grandezze alla base dell'attuale Sistema Internazionale e le risultanti incertezze di alcune costanti fondamentali

Grandezza	Simbolo	Unità	Inc. tipo rel. u_r
velocità della luce nel vuoto	c, c_0	$m\ s^{-1}$	esatta
massa del kilogrammo prototipo	$m(K)$	kg	esatta
frequenza della transizione iperfina del cesio 133	ν (hfs Cs)	s^{-1}	esatta
costante magnetica	μ_0	$N\ A^{-2}$	esatta
massa molare del carbonio 12	$M(^{12}C)$	g/mol	esatta
temperatura del punto triplo dell'acqua	T_{tpw}	K	esatta
coefficiente spettrale di visibilità	K	cd sr/W	esatta
costante di Planck	h	J s	5.0×10^{-8}
carica elementare	e	C	2.5×10^{-8}
massa dell'elettrone	m_e	kg	5.0×10^{-8}
costante di Avogadro	N_A, L	mol^{-1}	5.0×10^{-8}
costante di Boltzmann	k	$J\ K^{-1}$	1.7×10^{-6}

Grandezza	Simbolo	Unità	Inc. tipo rel. u_r
velocità della luce nel vuoto	c, c_0	m s^{-1}	esatta
massa del kilogrammo prototipo	m(K)	kg	≤ 2.0 x 10[illegible]
frequenza della transizione iperfina del cesio 133	ν(hfs Cs)	s^{-1}	esatta
costante magnetica	μ_0	N A^{-2}	2.5 x 10[illegible]
massa molare del carbonio 12	$M(^{12}C)$	g mol^{-1}	≤ 5.0 x 10[illegible]
temperatura del punto triplo dell'acqua	T_{tpw}	K	≤ 1.7 x 10[illegible]
coefficiente spettrale di visibilità	K	cd sr W^{-1}	esatta
costante di Planck	h	J s	esatta
carica elementare	e	C	esatta
massa dell'elettrone	m_e	kg	< 1.4 x 10[illegible]
costante di Avogadro	N_A, L	mol^{-1}	esatta
costante di Boltzmann	k	J K^{-1}	esatta

Tabella 4 – Le grandezze alla base della proposta di riassetto del Sistema Internazionale e le incertezze risultanti per alcune altre grandezze

nizioni dell'ampere e del metro. Tale generalizzazione è resa possibile da recenti sviluppi sperimentali che hanno permesso di migliorare la conoscenza di alcune delle costanti coinvolte. Le due proposte generarono un acceso dibattito, tuttora non concluso, sia nella letteratura scientifica (si vedano, a titolo di esempio [9-17]) sia a livello dei Comitati Consultivi del Comitato internazionale dei pesi e delle misure (CIPM) interessati, e cioè quelli per la massa e grandezze apparentate (CCM), per l'elettricità e il magnetismo (CCEM), per la temperatura (CCT) e per la quantità di sostanza (CCQM).

Se attuata (ma sull'attuazione esistono oramai pochi dubbi, e limitati ai tempi), si tratterebbe di una modifica epocale, di gran lunga la più importante dalla nascita non solo del SI, ma dall'introduzione del sistema metrico decimale. Va chiarito che il riassetto del sistema con comporterebbe alcun aumento di conoscenze, che può derivare solo da nuovi esperimenti, ma una loro razionalizzazione. Alcune di quelle che riteniamo costanti naturali, e alle quali attualmente assegniamo valori SI dotati d'incertezza che rivediamo periodicamente, acquisterebbe valori SI convenzionalmente esatti (e immutabili), mentre fenomeni, stati fisici o manufatti attualmente alla base del SI e dotati dunque di valori certi acquisterebbero un'incertezza. Si tratterebbe, insomma, di "mettere a posto le cose" raggiungendo una rappresentazione della natura più aderente alla visione che ne abbiamo.

Le incertezze attualmente ottenibili per le varie grandezze di base verrebbero riaggiustate: le misure di massa e temperatura verrebbero gravate di una componente aggiuntiva d'incertezza, legata alla realizzazione della nuova unità, le misure elettriche trarrebbero grande giovamento dal riassetto mentre la situazione rimarrebbe essenzialmente invariata per le misure di grandezze chimiche.

La Tabella 4 riassume la situazione che si verrebbe a presentare a seguito del riassetto del Sistema Internazionale. Dalla tabella appare evidente un'ultima anomalia, rappresentata dall'unità di tempo. Essa sarebbe comunque riferita a un campione naturale (o, se si preferisce, a una costante non universale). A farne le spese, anche se attraverso un percorso non evidente, è la massa dell'elettrone, questa sì costante universale. L'anomalia è ancora più inquietante se si pensa che dall'unità di tempo, nel nuovo assetto, dipenderanno tutte le altre, a eccezione della mole. La tentazione di completare il percorso è evidente, ma a questa possibilità si frappongono diversi ostacoli, alcuni (a mio avviso superabili) di carattere scientifico, altri di diverso carattere, ossia essenzialmente la fortissima resistenza che questa proposta incontrerebbe nella comunità dei metrologi del tempo e della frequenza, che si trincera dietro le fenomenali incertezze del loro settore, di gran lunga le migliori in assoluto.

Un'importante conseguenza del riassetto sarà che, in linea di principio, non sussisterà più alcuna necessità scientifica di mantenere la distinzione tra unità di base e derivate. Tuttavia, per motivi storici e forse anche di praticità didattica la distinzione verrà mantenuta.

Rimangono da considerare i tempi di attuazione della proposta. Questi sono legati al superamento di una serie di resistenze particolaristiche che si stanno dimostrando più forti del previsto. Inoltre, una modifica di tale portata può essere sancita solo dalla CGPM, che si riunisce ogni quattro anni. La prossima riunione sarà nell'ottobre 2011, e l'opinione generale è che non si arriverà in tempo all'appuntamento. Dunque, salvo colpi di scena, se ne riparlerà nel 2015.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] Denis Guedj, *Il metro del mondo*, Longanesi, 2004
[2] **http://fr.wikipedia.org/wiki/Dol%C3%A9ances**
[3] **www.bipm.org/en/si**
[4] G. Girard 1994 *Metrologia* **31** 317
[5] Peter J. Mohr *et al* 2008 *Review of Modern Physics* **80** 633
[6] **http://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html**
[7] Ian M. Mills *et al* 2005 *Metrologia* **42** 71
[8] Ian M. Mills *et al* 2006 *Metrologia* **43** 227
[9] P. Becker *et al* 2007 *Metrologia* **44** 1
[10] B.W. Petley 2007 *Metrologia* **44** 69
[11] Martin J.T. Milton *et al* 2007 *Metrologia* **44** 356
[12] Peter J. Mohr 2008 *Metrologia* **45** 129
[13] Barry N. Taylor 2009 *Metrologia* **46** L16
[14] M.J.T. Milton and I.M. Mills 2009 *Metrologia* **46** 332
[15] Franco Cabiati e Walter Bich 2009 *Metrologia* **46** 457
[16] B.P. Leonard 2010 *Metrologia* **47** L5
[17] M. Gläser *et al* 2010 *Metrologia* **47** 419

Walter Bich è dal 1976 ricercatore del CNR, Istituto di Metrologia "G. Colonnetti" (IMGC) (dal 2006 Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, I.N.Ri.M.), dove è responsabile del campione nazionale di massa e della sua disseminazione. Il suo interesse scientifico si è progressivamente esteso dalla metrologia della massa alla stima di parametri in generale. In questo campo ha introdotto nuovi metodi di stima dei valori di massa e di valutazione della loro incertezza.
È stato ed è tuttora coinvolto nella maggior parte dei confronti internazionali (CCM, EUROMET) e in molti bilaterali su campioni di massa. Ha condotto programmi di cooperazione con Paesi europei e americani, quali Brasile, Messico, El Salvador e Argentina.
È autore di più di 100 pubblicazioni ed è *referee* abituale di riviste del settore, quali *Metrologia*, *Measurement Science and Technology* e *Accreditation and Quality Assurance*.

NUOVO BRACCIO DI MISURA PORTATILE CON SCANNER LASER

ROMER Absolute Arm, il nuovo braccio di misura portatile Hexagon Metrology, è ora disponibile come sistema di scansione totalmente certificato adatto a qualunque tipo di pezzi e applicazioni. Grazie agli encoder assoluti, al design ergonomico e alla struttura modulare, questa CMM portatile è ancora più versatile e semplice da usare.

Il controllo semi-automatico dell'intensità del laser (totalmente integrato nel braccio di misura e certificato) permette di operare su diversi tipi di superfici, senza necessità di speciali regolazioni. Grazie allo scanner laser integrato e agli absolute encoder, gli operatori non devono far altro che accendere il *ROMER Absolute Arm*, lanciare il software e iniziare a misurare.

"*La tecnologia scanner laser integrata è una pietra miliare nel mondo delle CMM portatili*", afferma Pirmin Bitzi, Product Manager Hexagon Metrology per i bracci di misura portatili. "*Con il nuovo sistema i nostri clienti possono ottenere facilmente risultati di misura precisi e affidabili e, allo stesso tempo, trarre vantaggio dalla mobilità e dall'efficienza del ROMER Absolute Arm.*"

Ora anche gli scanner laser di altri costruttori possono essere collegati al *ROMER Absolute Arm* grazie alla tecnologia *ROMER Feature Pack*. Questi dispositivi, termicamente e meccanicamente stabili, sono facilmente intercambiabili e adatti a supportare nuove tecnologie e accessori supplementari.

ROMER (www.romer.com) dal 1986 produce sistemi di misura portatili a braccio articolato, ha come principali punti di forza il progresso tecnologico, l'esperienza, la qualità costante nella produzione e la presenza. La società francese produce, inoltre, tastatori di scansione per il reverse engineering, sensori ottici per la verifica dei tubi e sistemi di fresatura leggera applicati a bracci antropomorfi.

Hexagon Metrology (www.hexagonmetrology.it) fa parte del Gruppo Hexagon AB e comprende marchi leader nel settore metrologia, quali Brown & Sharpe, CogniTens, DEA, Leica Geosystems (Divisione Metrologia), Leitz, m&h Inprocess Messtechnik, Optiv, PC-DMIS, QUINDOS, ROMER e TESA. I marchi Hexagon Metrology vantano una base installata globale senza uguali costituita da milioni di CMM, sistemi di misura portatili e strumentazione di misura manuale, nonchè decine di migliaia di licenze software di metrologia. Macchine, sistemi e software offerti dalla società sono completati da una vasta gamma di servizi di supporto al prodotto, servizi post-vendita e ad alto valore aggiunto. Per ulteriori informazioni: Levio Valetti, Marketing manager – Commercial Operations Italia.

E-mail:
levio.valetti@hexagonmetrology.com

Sergio Sartori

Cambiare tutto affinché niente cambi

nel Sistema Internazionale di Unità come nella Sicilia del Gattopardo

THOROUGH CHANGE – NO CHANGE? THE INTERNATIONAL SYSTEM OF UNITS LIKE SICILY AT THE TIME OF "GATTOPARDO"
From a practical viewpoint (uncertainty of measurement, primary and work standards) almost nothing will change when switching from the seven present base unit definitions to the seven fixed and zero – uncertainty values attributed to seven fundamental constants. The paper tries to identify who will actually benefit from this switch, and concludes that its only benefit will be the justification of the high expenses made by some National Metrology Institutes, and to bring fame to few figures in metrology. The assumption is demonstrated through the example of the metre definition switch actuated in 1983.

RIASSUNTO
Poiché dal punto di vista degli effetti pratici (incertezza delle misure, campioni usati) quasi nulla cambierà con l'attribuzione a sette costanti fondamentali di valori fissi e privi di incertezza in luogo delle attuali sette definizioni delle unità di base, si tenta di spiegare a chi serve il complesso cambiamento proposto in sede internazionale. Si conclude che servirà soltanto a giustificare le spese sostenute da alcuni Istituti Metrologici Nazionali e a dar lustro ad alcuni personaggi della metrologia. Si dimostra quanto ciò sia vero attraverso l'esempio del cambiamento, attuato nel 1983, della definizione del metro.

I NUOVI MAGNIFICI SETTE

Nell'autunno del 2011 la XXIV Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure discuterà una proposta di drastico cambiamento del Sistema Internazionale di Unità: in luogo delle sette definizioni convenzionali delle unità di misura delle sette grandezze di base (metro – lunghezza, kilogrammo – massa, secondo – tempo, ampere – corrente elettrica, kelvin – temperatura, mole – quantità di sostanza, candela – intensità luminosa) viene proposto di assegnare valori concordati ed esatti a sette costanti fisiche e chimiche[1]:

a. la frequenza di transizione del cesio 133 tra due livelli energetici;
b. la velocità della luce nel vuoto;
c. la costante di Planck;
d. la carica dell'elettrone;
e. la costante di Boltzmann;
f. la costante di Avogadro;
g. l'efficienza luminosa di una radiazione monocromatica.

La proposta è ampiamente illustrata nell'articolo di Walter Bich. Mi limiterò pertanto ad alcuni commenti.

Le tre costanti *a*, *b*, *g* sono già attualmente usate per la definizione, rispettivamente, del secondo, del metro e della candela.

CHI CI GUADAGNA, CHI CI PERDE

Poiché i valori delle sette costanti sono stati determinati usando le attuali realizzazioni delle sette definizioni delle unità di base, non si avrà alcun guadagno generalizzato in precisione delle misurazioni: alcuni settori, in particolare le misure elettriche, vedranno ufficializzato un percorso di conservazione e disseminazione delle unità già in uso da anni (effetto Josephson per il volt; effetto Hall quantico per l'ohm) come percorso parallelo rispetto alla realizzazione dei campioni collegata alla forma dell'attuale definizione dell'ampere. Ne guadagnerà l'intera metrologia elettrica, anche industriale, almeno nei paesi scientificamente e tecnologicamente avanzati. Altri settori non risolveranno i loro problemi: tipicamente quelli che hanno bisogno di accurate misure di massa e che, per ottenerle, dovranno continuare a usare il prototipo e le sue copie, restando dipendenti dal detergente usato per pulire i campioni. Per di più se lo vedranno ogni tanto cambiare, anche se di molto poco.

Comunque vengano definite le sette attuali unità di base (tre o quattro tipologie di definizioni sono in discussione), la messa in pratica di tali definizioni, ossia la realizzazione dei campioni essenziali per produrre le misure, non muterà rispetto al passato. Le istruzioni per la messa in pratica, e non le definizioni, sono l'aspetto importante per le applicazioni e sono compito non semplice per il Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure (CIPM). Pertanto si sta per creare un sistema che provocherà gravi difficoltà a chiunque debba illustrarlo a studenti di ogni ordine e grado e ben pochi vantaggi per la scienza e per la tecnica. Inoltre l'eventuale nuovo sistema comporterà costi: norme da rifare, libri di testo da riscrivere, documentazione per la qualità delle aziende da revisionare, corsi di aggiornamento da organizzare, leggi da aggiornare.

Sorge spontanea una domanda: perché dunque questo complesso cambiamento? Per dimostrare come nulla cambi nella sostanza e spiegare chi siano i personaggi e gli organismi che dal cambiamento di forma trarranno fama e benefici, ripercorriamo la storia della definizione attuale del metro, ratificata nel 1983 e simile, nella struttura, alle future definizioni delle altre unità di base.

UN CASO SEMPLICE CHE AVREBBE DOVUTO FAR SCUOLA

Esaminiamo le scelte possibili nel sistema a due unità di base, metro e

sergio.sartori3@tin.it

secondo, la cinematica. Supponiamo di definire l'unità secondo di tempo e l'unità metro di lunghezza come oggi sono. La definizione del metro in realtà fissa c_0 = 299 792 458 m/s la velocità della luce in vuoto, valore esatto (privo d'incertezza) e immutabile. Dalla definizione della velocità c_0 il metro si ricava ricordando che una lunghezza percorsa da un ente (punto, oggetto, onda luminosa, ecc.) è uguale alla velocità (uniforme) dell'ente moltiplicata per il tempo in secondi impiegato a percorrere detta lunghezza. Dalla definizione c_0 = 299 792 458 m/s otteniamo che la luce in 1 s percorre 299 792 458 m; quindi il metro è la frazione 1/299 792 458 della distanza percorsa dalla luce in vuoto in 1 s, come afferma, con altre parole, la definizione.
Analizziamo il processo storico mediante il quale si giunge alla definizione della velocità c_0 esatta e immutabile. Prima il metro era definito come multiplo, esatto e immutabile, di ordine 1 650 763,73 della lunghezza d'onda in vuoto della radiazione corrispondente alla transizione tra i livelli $2p_{10}$ e $5d_5$ dell'atomo di krypton 86. Mediante quel secondo (definito come è ora) e quel metro venne misurata, tramite sofisticati esperimenti, la velocità della luce[2], trovandola uguale a 299 792 458 m/s, con un'incertezza inferiore a 0,1 m/s. Fu allora deciso (XVII CGPM, 1983) di assumere tale valore come esatto per definizione, immutabile nel tempo, e di dedurre da esso il metro. L'incertezza che c'era nel valore sperimentale della velocità della luce non venne persa: si trasferì tale e quale sulla realizzazione dell'unità metro. Si preferì pertanto lasciar cambiare il metro al migliorare delle tecniche sperimentali e mantenere immutabile la velocità della luce[3].
Conclusione: definire il metro come multiplo (esatto) di ordine 1 650 763,73 della lunghezza d'onda in vuoto della radiazione corrispondente alla transizione tra i livelli $2p_{10}$ e $5d_5$ dell'atomo di krypton 86 o definire la velocità della luce c_0 = 299 792 458 m/s conduce a situazioni perfettamente equivalenti. Al momento in cui si decide di preferire la definizione c_0 = 299 792 458 m/s l'incertezza che si aveva sul valore di c_0 viene annullata, l'esperimento "misura della velocità della luce in vuoto" diviene privo di significato: eseguendolo, in realtà si procede alla realizzazione del metro sulla base della definizione c_0 = 299 792 458 m/s.
Il cambio della definizione del metro del 1983 ebbe una serie di conseguenze, positive e negative. Fece felici gli astronomi e i fisici, perché mise fine al mutare del valore della velocità della luce a ogni miglioramento dei metodi per la sua misura. Diede ad alcuni grandi Istituti Nazionali di Metrologia (in particolare di USA e Regno Unito) l'opportunità di giustificare davanti all'opinione pubblica e ai finanziatori le ingenti somme spese per effettuare le misure della velocità della luce. *Vedete*, dissero, *abbiamo speso bene i soldi ricevuti perché abbiamo contribuito in maniera sostanziale a un cambiamento epocale della struttura della definizione del metro, giovando alla scienza come fisici e astronomi possono testimoniare.* Rese celebri, nella ristrettissima comunità degli specialisti degli Istituti di Metrologia, quei personaggi che sostennero il cambiamento. Ma ebbe anche un costo non trascurabile: si dovettero adeguare le norme, i manuali della qualità delle aziende, i libri scolastici. Chi si trovò maggiormente in difficoltà furono gli insegnanti, in particolare quelli delle scuole inferiori, costretti a trovare parole semplici per spiegare una definizione complessa. Per le aziende non cambiò alcunché nella sostanza delle loro misure; rimasero gli stessi campioni che prima usavano, con gli stessi valori e con le stesse incertezze. Oggi nessun Istituto di Metrologia realizza il metro secondo la nuova definizione, ossia partendo dalla velocità della luce. Tutti si rifanno al metro come multiplo di una lunghezza d'onda, scelta tra le tante raccomandate dal CIPM. Per alcuni, pochi, grandi istituti è una scelta di comodità: nel laboratorio accanto sono pronti, anche se coperti di polvere, i banchi di sorgenti elettromagnetiche necessari per realizzare la scala di frequenza indispensabile per passare dalla velocità della luce al metro. Altri istituti di Nazioni meno ricche e meno scientificamente avanzate dipendono dalle raccomandazioni del CIPM sulle lunghezze d'onda, le quali possono essere proposte solo da quei pochi ricchi Istituti. È una sorta di neocolonialismo metrologico, conseguenza del neocolonialismo scientifico e tecnologico.

CONCLUSIONI

Il giochetto proposto delle sette definizioni di valori delle costanti naturali è l'estensione del giochetto eseguito nel 1983 con il metro e il secondo. È solo molto più complesso, più difficile da spiegare e da comprendere. A conclusione dell'analisi azzardo una previsione: la decisione verrà rimandata di quattro anni, per dar tempo ad altri personaggi e istituti metrologici di salire sul carro della fama e dei benefici.

NOTE

[1] Una proposta del tutto simile fu avanzata, durante un congresso nel lontano 1900, da Max Planck.
[2] Chi desidera saperne di più sulla storia degli esperimenti per la misura della velocità della luce e sui risultati ottenuti può leggere la breve e chiara sintesi di Giovanni Battista Gualdi, *Misurare la velocità della luce*: **http://ulisse.sissa.it/chiediAUlisse/domanda/2004/Ucau041206d001**. Utile per approfondire ulteriormente la nota di Carlotta Forni: *La storia della velocità della luce*. Scritta nel 2005, la nota contiene però un errore che i lettori di questo libro dovrebbero essere in grado di individuare: **http://ulisse.sissa.it/chiediAUlisse/domanda/2005/Ucau050127d002**.
[3] Si pone il problema di come fare a verificare se la velocità della luce cambia, ad esempio al cambiare della lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica, visto che le unità di misura sono generate supponendola costante. Ma questo è un problema complesso e forse di scarso interesse pratico.

Sergio Sartori si è laureato nel 1961 in Ingegneria Elettronica al Politecnico di Torino. Dal 1963 è stato dipendente e dirigente del CNR. Dal 1989 a oggi è membro del CIRP (International Academy for Production Engineering). Dal 1994 al 1996 fondatore e Presidente del Gruppo Italiano di Studio sulle Macchine di Misura a Coordinate (denominato CMM_Club). Dall'ottobre del 1995 al dicembre 1998 Direttore dell'Istituto di Metrologia "G. Colonnetti" del CNR. Dal 1999 al 2009 è stato Direttore Responsabile della Rivista "Tutto_Misure". È autore di oltre 140 pubblicazioni e di due libri in molteplici settori della scienza e della tecnologia.

Davide Passoni

Robotica, misure e visione

Applicazioni alla visione industriale

ROBOTICS, MEASUREMENTS AND VISION
From surface and dimensional quality inspection to visual servoing and robot guidance in 2D and 3D configuration: SIR's Vision Systems are able to cover an unbelievably broad spectrum of applications.

RIASSUNTO
Dall'ispezione dimensionale e qualitativa alla programmazione ottica dei percorsi, dalla guida robot 2D alle più moderne tecniche tridimensionali: panoramica delle applicazioni di visione artificiale proposte da SIR Soluzioni Industriali Robotizzate.

VISIONE E ROBOTICA: IL CONNUBIO VINCENTE

La visione artificiale ha conosciuto negli ultimi anni una massiccia diffusione in ambito industriale: le tecniche dell'Image Processing sono state integrate con successo all'interno delle isole robotizzate, in operazioni di controllo e guida dei robot antropomorfi in situazioni spaziali complesse. Tra i tanti System Integrator che hanno intrapreso questo cammino, SIR Soluzioni Industriali Robotizzate si è distinta sia per il notevole know-how, acquisito in ventisei anni di automazione ad alto livello, sia per la complessità delle soluzioni proposte, che la pongono tra i principali attori del settore a livello internazionale. Identificabile come un vero e proprio *Problem Solver*, l'azienda emiliana progetta e realizza soluzioni di robotica in diversi contesti applicativi, dall'assemblaggio alle lavorazioni di processo, dalla logistica all'handling, in tutti i comparti manifatturieri della moderna produzione industriale.

Figura 1 – L'originale configurazione hardware proposta da SIR prevede l'utilizzo dell'unità di ripresa immagine come vero e proprio End-Effector del robot, grazie ai moduli di aggancio/sgancio rapido

Almeno il 70% degli impianti progettati e realizzati ogni anno da SIR prevede l'impiego di sistemi di Image Processing per le più disparate esigenze: la diversità delle singole problematiche ha spinto l'azienda a sviluppare una configurazione hardware originale e una famiglia di applicativi software le cui funzionalità sono state oggetto di brevetti italiani ed europei.

LA CONFIGURAZIONE HARDWARE E SOFTWARE

La familiarità nell'utilizzo dei robot ha consentito a SIR di sfruttarne appieno le caratteristiche di precisione e flessibilità anche nel contesto della visione: perché infatti non utilizzare lo stesso antropomorfo come strumento atto al posizionamento delle unità di ripresa (Fig. 1)?
La soluzione prevede l'utilizzo di un gruppo integrato illuminatore/telecamera, costituito da una matrice di LED bianchi, rossi o IR, a seconda dell'applicazione e delle caratteristiche tipiche dell'elemento da localizzare: materiale, forma e scenario di alimentazione. Il gruppo integrato può essere innestato a bordo mediante moduli di aggancio/sgancio rapido, divenendo uno dei tanti *End-Effector* del robot. In tal modo, l'antropomorfo può utilizzare l'unità di ripresa (Fig. 2), costituita da telecamere B/N o a colori, solamente quando ne necessita, svincolandosi dalle limitazioni poste da una configurazione alloggiata permanentemente a bordo. Quest'ultima tipologia di soluzione soffre infatti di problemi di ingombro del sistema oppure di danneggiamento delle telecamere a causa di polveri e liquidi

R&D Department, SIR spa, Modena
d.passoni@sir-mo.it

tipici degli ambienti industriali. La soluzione SIR è invece esente da tali svantaggi di fondo e propone una matrice di LED inclinabile che permette di convogliare la luce in modo corretto all'interno del Field Of View (FOV). La configurazione proposta consente inoltre di svincolarsi da calibrazioni rigide e complicate, nonché di esaminare l'elemento da diverse angolazioni o distanze, consentendo il raggiungimento di una notevole flessibilità. La precisione di posizionamento dei moderni antropomorfi, dell'ordine di 0,1 mm, garantisce un'assoluta ripetibilità delle condizioni di controllo.
Da un punto di vista del software, SIR si è dedicata all'implementazione di un pacchetto proprietario, con caratteristiche Multi-Purpose, denominato VistaVision®. Costruito con architettura modulare, integra il meglio delle più blasonate librerie software del settore con alcuni *tool* brevettati dall'azienda, atti a risolvere particolari problematiche. Ormai giunto alla Release 4.1, il sistema è in continua evoluzione, grazie alla costante implementazione di nuove funzionalità. La grande velocità di calcolo si unisce all'interfaccia grafica *user-friendly* e all'adattabilità a qualsiasi tipologia di scenario applicativo.

LA GUIDA ROBOT IN CONDIZIONI 2D

La configurazione sopra descritta trova la sua applicazione regina nella guida robot, ovverossia nella localizzazione di oggetti e nella determinazione delle loro coordinate (X, Y, e angolo di giacitura sul piano), al fine di consentirne il prelievo a mezzo di un robot o altro dispositivo. Gli elementi sono generalmente alimentati tramite tavole rotanti a piani lisci universali, oppure su pallet o in cassoni in buono stato di ordine, con o senza interfalde di separazione tra gli strati (condizioni 2D e $2^1/_2$D). Il robot effettua N scansioni dello strato divise in righe e colonne (matrice di vista) correlando i singoli FOV in un'unica scansione (Fig. 3) calibrata a elevata risoluzione. Tramite l'utilizzo di evoluti *Pattern Matching* geometrici multimodello, il sistema è in grado di localizzare tutti gli elementi posti sullo strato in differenti giaciture (fronte, retro, ecc.) oppure di effettuare il *sorting* di oggetti differenti nel caso di alimentazione eterogenea: la precisione di presa durante il prelievo è quantificabile in qualche decimo di millimetro o di grado, più che sufficiente per eseguire un *picking* affidabile.
Il sistema si evidenzia per le strategie di determinazione della corretta sequenza di prelievo e per alcuni *tool* aggiuntivi di notevole interesse: primi fra tutti, l'algoritmo di verifica della zona di discesa delle griffe, preposto a evitare collisioni del robot tra l'oggetto da prelevare e quelli adiacenti, e il controllo continuo e istantaneo del livello di luminosità dell'area da ispezionare, con retroazione sull'esposizione della telecamera, al fine di correggere globalmente o localmente le zone sotto- e sovraesposte.

Figura 2 – La guida robot su tavole rotanti universali o su pallet dotati o meno di interfalde rappresenta l'applicazione regina del sistema VistaVision® in configurazione 2D e $2^1/_2$D

ISPEZIONE QUALITATIVA E DIMENSIONALE

Grazie all'utilizzo combinato del software VistaVision® e di particolari attrezzature in termini di ottica e di illuminazione (*Backlight*, *Dome*, LED speciali, ecc.), SIR ha progettato e realizzato complesse macchine dedicate al controllo di particolari meccanici. Le tipologie d'ispezione sono riassumibili nella verifica di corretto assemblaggio, nella ricerca di particolari significativi, nel controllo di occlusione dei fori, nella verifica dell'integrità dei filetti, nella misurazione di distanze fondamentali o di diametri di fori e smussi, infine nelle analisi di tipo superficiale. Queste ultime includono la verifica della presenza di cricche, porosità, ammaccature, testimoni di grezzo, bave, materiali in eccesso quali residui di sabbiatura oppure bruciature causate da utensili a fine vita.
I controlli di tipo più prettamente dimensionale hanno portato a risultati notevoli a livello di precisione, con tolleranze che possono variare da 0,1 mm fino all'ordine dei centesimi, a seconda del FOV impostato, dell'ottica e dell'hardware utilizzati. Analoghi risultati sono stati ottenuti nell'analisi di difetti di dimensioni ridotte, anche su aree concave e convesse o nelle zone di entrata dei condotti, ispezionate con ottiche di tipo *Pinhole*. Grazie all'utilizzo delle più moderne tecniche di segmentazione, unite a una nuova tecnologia di adattamento

Figura 3 – Il modulo EasyPath garantisce la programmazione ottica dei percorsi di lavorazione del robot, consentendo in modalità RunTime di identificare le variazioni locali degli elementi

dinamico alla varianza degli elementi, è possibile attestarsi su un grado di affidabilità superiore al 99%. Particolare menzione merita l'ispezione dei filetti, con controllo delle singole creste, implementata grazie all'utilizzo di sonde endoscopiche dotate di illuminazione coassiale, in grado di restituire una buona immagine anche su diametri dell'ordine di 6 mm.
Da un punto di vista logistico/costruttivo, le celle di ispezione SIR possono appartenere a due differenti tipologie, a seconda del tempo ciclo richiesto e della problematica da risolvere. La prima tipologia si basa sul concetto di giostra rotante con un numero di postazioni di controllo che può andare da un minimo di 4 a un massimo di 8, una delle quali è adibita a baia di carico/scarico asservita al robot. Le altre stazioni sono dedicate a una o più tipologie di verifica, prevedendo di conseguenza le più disparate configurazioni hardware: per ogni posizione sono presenti più telecamere assemblate in diverse posizioni e spesso dotate di assi controllati. Tra le implementazioni più recenti vanno senz'altro ricordati il controllo dimensionale e qualitativo di componenti di trasmissione in ambito automotive (65 verifiche in 12 s) e il test di componenti di motori per elettrodomestici (58 verifiche in soli 7,5 s).
La configurazione alternativa prevede invece l'utilizzo di robot antropomorfi di piccole dimensioni per la movimentazione delle telecamere, riprendendo il concetto degli End-Effector intercambiabili. A fronte di un tempo ciclo leggermente più elevato, questa soluzione garantisce una flessibilità maggiore rispetto alle macchine rigide, con limitazione dei costi dell'hardware: il robot può essere programmato diversamente da elemento a elemento, modificando posizioni di vista e tipologia delle ispezioni. Questa soluzione è stata applicata con successo nel controllo delle turbine per motori diesel e benzina, dove l'antropomorfo è impegnato nell'esecuzione di una trentina di test, che variano dall'analisi dei filetti alle verifiche di porosità: la tridimensionalità dell'elemento renderebbe in questo caso molto problematico l'utilizzo di telecamere fisse. Il robot può inoltre effettuare acquisizioni in movimento interpolato, con sincronizzazione dei *trigger* di acquisizione e degli *strobe* di illuminazione, tecnica adottata per il controllo della lappatura nei condotti passanti: in questo caso il robot si muove in modo sincrono con una Backlight che ruota in contro-fase all'estremità opposta. Sono allo studio alcune applicazioni nell'ambito dell'"infinitamente piccolo", con elaborazioni di immagini direttamente provenienti da microscopi elettronici.

LA VISIONE COME STRUMENTO DI AUTOPROGRAMMAZIONE DELLE MACCHINE

Tra i tanti moduli che compongono il sistema VistaVision®, la funzione EasyPath rappresenta sicuramente una delle caratteristiche più distintive. Si tratta di una vera e propria programmazione ottica dei percorsi, un utile strumento che assicura un risparmio temporale dell'80% rispetto al metodo tradizionale, basato sull'acquisizione manuale di centinaia di punti, con conseguente fermo dell'impianto. EasyPath, a differenza della simulazione su CAD robot dedicato che necessita della matematica 3D dell'elemento, utilizza una semplice unità di ripresa immagine e permette di tararsi sul pezzo reale, adattandosi a eventuali variazioni nelle fusioni e nella quantità delle bave. Anche in questo caso, una matrice di vista righe/colonne genera un'unica immagine calibrata a elevatissima risoluzione, con eliminazione delle zone di deformazione ottica.
Un *tool* preposto all'estrazione dei profili determina i contorni da lavorare: impostando successivamente i dati dell'utensile (diametro e forma) nonché la velocità e l'approssimazione di movimento, l'applicativo calcola il percorso di lavorazione, eliminando i punti non utili o che generano incoerenze nella traiettoria (aree caratterizzate da rientranze nette). Una volta terminata la programmazione, EasyPath può essere utilizzato anche in modalità RunTime: il tool è infatti in grado di riconoscere, sul pezzo attualmente in fase di processing, le sezioni di percorso che si discostano dal contorno nominale, causate da bave o varianze particolarmente significative.
Il passo successivo prevede quindi la retroazione del comportamento del robot, ottenuta modificando localmente il percorso, variando la velocità di avanzamento dell'utensile o compiendo più passate al fine di asportare l'eccedenza di materiale. La qualità e la precisione della lavorazione, che generalmente deve attestarsi nell'intorno di 0,2 mm, è garantita da opportuni metodi di allineamento del percorso.

LA VISIONE TRIDIMENSIONALE

Malgrado gli ambiziosi traguardi raggiunti con EasyPath, SIR continua a investire notevoli risorse in ambito

R&D al fine di dotare i suoi sistemi di funzionalità inedite: la novità più interessante riguarda il lancio, previsto in questi mesi, di CubicVision, un applicativo studiato per la guida robot in condizioni 3D in differenti contesti applicativi. Grazie all'impiego congiunto di tecnologie di localizzazione complementari, quali la ricostruzione telecamere/laser, la stereoscopia e l'utilizzo di Pattern Matching tridimensionali con unità di ripresa immagine monoculari, verrà offerto all'utente un sistema multi-purpose in grado di generalizzare le problematiche di visione tridimensionale, estraniandosi dallo scenario di alimentazione e dalla tipologia e forma degli elementi, limitazioni che hanno spesso inficiato la diffusione della visione 3D in ambito industriale. A questo va aggiunta l'implementazione delle opportune strategie di prelievo, studiate per i più disparati contesti operativi. L'obiettivo è quello di sviluppare un software, sinora inesistente sul mercato, che sia affidabile e applicabile nella maggioranza dei casi e che possa rilevare posizione spaziale (X, Y, Z e angoli di Eulero) di elementi in stato di disordine non strutturato (Fig. 4).

Grazie al concetto di visione come End-Effector del robot, SIR ha implementato la configurazione stereoscopica movimentando una sola telecamera "virtuale" nelle posizioni di acquisizione. Questa metodologia *Hand-Eye*, a differenza delle unità di ripresa fisse, permette di svincolare l'operatore da complesse calibrazioni regolando il volume di lavoro in relazione alle dimensioni del componente da individuare e memorizzando semplicemente nuove posizioni di localizzazione. La visione stereoscopica necessita dell'individuazione di almeno 3 dettagli dell'oggetto, utili per la successiva triangolazione: tale funzionalità viene garantita da un algoritmo di posizionamento ricorsivo in 2+N posizioni e da opportuni strumenti di correzione delle aberrazioni ottiche.
Negli scenari in cui la stereoscopia potrebbe rilevarsi limitativa, il sistema può commutare sull'utilizzo di una telecamera solidale con un emettitore laser: utilizzando questa coppia di dispositivi, calibrati per uno specifico range di azione, è possibile ottenere immagini ricostruite in cui l'intensità di ogni pixel rappresenta la quota in altezza del componente visualizzato. Su tale immagine sarà possibile filtrare gli elementi con determinate caratteristiche di altezza, oppure si potrà optare per algoritmi di Pattern Matching dedicati in grado di ricavare la posizione spaziale utilizzando le informazioni relative alle deformazione dell'oggetto rispetto al modello di riferimento. Tali algoritmi costituiscono il cuore della terza tecnologia in esame, la visione 3D monoculare: in questo caso posizione spaziale e orientamento possono essere determinati con un'unica vista, osservando le caratteristiche planari sull'oggetto oppure misurando deformazione prospettica e distanza relativa di aree giacenti sullo stesso piano. Un ulteriore approccio algoritmico consente l'importazione della matematica 3D dell'elemento da localizzare, al fine di elaborare automaticamente una serie finita di modelli bidimensionali ottenuti per rototraslazione, da confrontare poi con l'immagine RunTime per ricercarne l'omografia.
La sapiente combinazione di algoritmi software e configurazioni hardware garantirà la risoluzione dei problemi specifici di ogni singola applicazione: i robot SIR potranno quindi avvalersi di un sistema generico, in grado di adattarsi ai diversi contesti e superando il limite posto dall'alimentazione ordinata degli elementi. Si tratta di un'innovazione basilare per il settore, che va a soddisfare una crescente richiesta del mercato e che apre nuovi scenari nel campo dell'automazione intelligente.

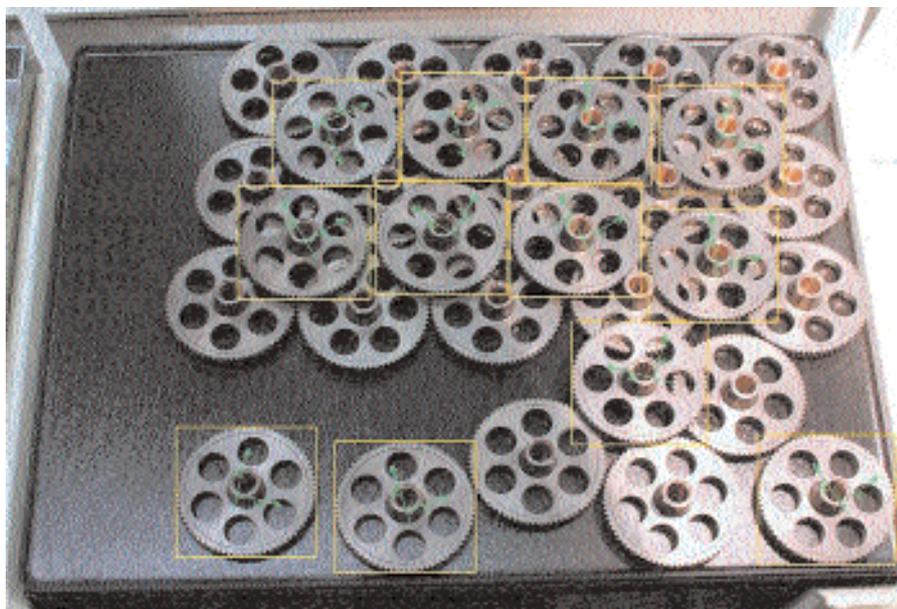



Figura 4 – Le nuove tecnologie 3D proposte da SIR sono orientate alla generalizzazione delle problematiche di visione tridimensionale, estraniandosi dallo scenario di alimentazione e dalla tipologia e forma degli oggetti

Davide Passoni è nato a Modena il 4 Settembre 1970. Nel 1997 si laurea in Ingegneria Informatica presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia. Nel 1998 entra a far parte, nelle vesti di programmatore, dello staff di SIR Soluzioni Industriali Robotizzate spa, azienda fondata nel 1984 dal padre Luciano Passoni e appartenente al SITI-B&T Group. Dal 2000 è responsabile del dipartimento Ricerca & Sviluppo, dedito allo sviluppo di nuove tecnologie robotiche, e dal 2005 fa parte del Consiglio di Amministrazione aziendale.

Giuseppe Dinardo, Paolo Pietroni, Gaetano Vacca

Caratterizzazione di un Pitot-s per flussi gassosi di natura industriale con anemometro laser-Doppler

una procedura alternativa per la taratura

S-TYPE PITOT TUBE CALIBRATION BY MEANS OF LDA
This paper describes an innovative, more accurate and reliable calibration of S-type Pitot tubes (SPT) by means of the laser Doppler technique. This type of instrument is used for measuring the volumetric flow rate of exhaust gases from combustion processes. Due to its coarse structure the SPT is mostly employed in aggressive environments such as stack ducts. Presently the SPT is calibrated by means of standard L-type Pitot tube [1]-[7].
The use of a LDA for calibration has several advantages: a better accuracy due to its high spatial resolution, and no loading effects. Furthermore, an analytical model has been formalized to generalize the TF relation of the STP.

RIASSUNTO
Nell'articolo viene descritta una nuova e più accurata tecnica di taratura per tubi di Pitot-S basata su tecnica laser doppler, in alternativa alla procedura classica che utilizza invece tubi di Pitot-L [1]-[7].
L'uso del LDA garantisce accuratezza più elevata non solo per la maggiore risoluzione spaziale ma anche per l'assenza di errori di inserzione. Inoltre è stato formalizzato un modello analitico per la legge di trasferimento dello strumento per svincolarla dalle dimensioni del Pitot, dal fluido e dalle condizioni termodinamiche di prova.

Un'accurata valutazione delle emissioni inquinanti provenienti dalle attività di combustione è fondamentale ai fini del rispetto degli *standards* imposti dagli enti normativi. Recentemente, l'UE ha ratificato (mediante la direttiva 2001/80/CE) alcune linee guida per la valutazione delle emissioni in atmosfera d'inquinanti originati dagli impianti di combustione adibiti alla produzione di energia. Gli standard di emissione delle sostanze ritenute inquinanti sono espressi da [1]:

$$Emissione\left[\frac{mg}{kWh}\right] = \frac{CQ_s}{Q_h} \quad (1)$$

Nella relazione (1), C (in mg/m^3) è la concentrazione del singolo inquinante considerato, Q_s la portata volumetrica dei gas combusti analizzati (in m^3/h) e Q_h l'*input thermal rate* (in kW o MW a seconda degli standard di riferimento) dell'impianto considerato, che è pari alla potenza termica entrante nell'impianto (le unità di misura relative alle grandezze riportate nell'equazione (1) sono talvolta espresse differentemente [1]).
La determinazione della portata volumetrica è contemplata dalla norma UNI 10169 (2001) e dall'esaustivo e universalmente riconosciuto *Method* 2 (*Determination of stack gas velocity and volumetric flow rate*) emanato dall'EPA. La portata volumetrica è desumibile dalla seguente relazione [2]:

$$Q_s = Av_{avg} \quad (2)$$

Il termine v_{avg} è la velocità media del flusso nella sezione di misura, valutata come media aritmetica delle velocità in più punti della sezione di prova e misurate con il tubo di Pitot S.
Il tubo di Pitot S, grazie alla sua geometria tozza e semplificata, è ideale per la misura di velocità puntuali in flussi gassosi derivanti da processi di combustione, perché è meno soggetto a intasamento da parte di particelle solide e ceneri in sospensione nel flusso gassoso. Tale caratteristica ne rende necessaria una taratura periodica e condotta con elevata accuratezza.

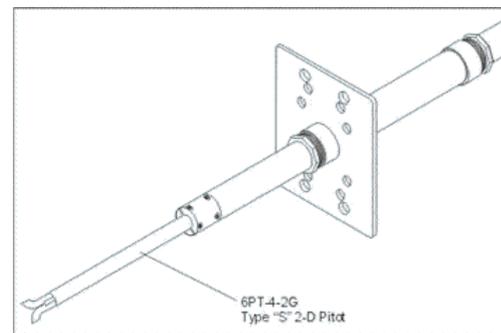



Figura 1 – Tubo di Pitot S

CARATTERIZZAZIONE DEL PITOT-S

Il principio di funzionamento di un tubo di Pitot è dato dall'equazione di *Bernoulli* relativa a un flusso ideale, non turbolento, incomprimibile e barotropico, in condizioni stazionarie. Valutando la differenza fra pressione totale e quella statica in un punto, si può affermare che la velocità nel punto dato è data da:

$$v\left[\frac{m}{s}\right] = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (3)$$

Il termine Δp [Pa] è la differenza fra la pressione totale di ristagno e quella statica vigenti nel punto a cui v è misurato. Il termine ρ [kg/m^3] è la densità del fluido. Poiché la misura di una pressione

Politecnico di Bari
dinardo@imedado.poliba.it
p.pietroni@loccioni.com
g.vacca@poliba.it

differenziale in uno stesso punto è complessa, la configurazione classica di un tubo di Pitot prevede le prese di pressione totale e statica collocate in due differenti sezioni.
Per mettere in conto le condizioni di non idealità del flusso (in primo luogo la viscosità), il secondo termine della (3) è moltiplicato per un coefficiente correttivo (< 1) che contempla tutte le possibili cause di scostamento dal modello di flusso ideale.
Per un tubo di Pitot standard, caratterizzato da un'elevata precisione, vale la seguente relazione [3]:

$$v = C_p \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \qquad (4)$$

$$C_p = 0,99 \pm 0,01$$

Per un tubo di Pitot-S impiegato per le misure di velocità in flussi gassosi derivanti da processi di combustione, valgono le seguenti espressioni, [3]

$$v = C_s \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \qquad (5)$$

C_s [0,80; 0,85] con un'incertezza *di* 0,06 [5]

Lo scostamento esistente tra i due coefficienti di taratura è imputabile alla conformazione geometrica grossolana del Pitot S. Esso produce a valle effetti di scia consistenti, tali da escludere la possibilità che la presa di pressione posteriore posta a valle dia indicazioni attendibili circa la pressione statica medesima. Ciò, a parità di pressione di ristagno valutata dalla presa di pressione anteriore, comporta un aumento della pressione dinamica rilevata mediante il manometro differenziale.

METODOLOGIA ALTERNATIVA PER LA TARATURA DI UN PITOT S

Le procedure usuali di taratura dei Pitot S [4]-[7], condotte mediante un Pitot standard, implicano notevoli limitazioni che degradano il risultato. Infatti l'installazione e la successiva sostituzione dello strumento campione col Pitot S compromette la precisione e la ripetibilità delle misure stesse.
Oggetto del presente lavoro è mostrare una procedura che consenta l'impiego di un anemometro laser Doppler LDA, *Flow Lite System* della *Dantec Dynamics*, come strumento di riferimento.
È necessario predisporre un accesso ottico sulle pareti della galleria di prova. Questo consente di focalizzare il volume di misura dell'anemometro in una regione circoscritta del flusso, in asse con la presa di pressione totale del Pitot S, a 100 mm a monte da essa. In questo

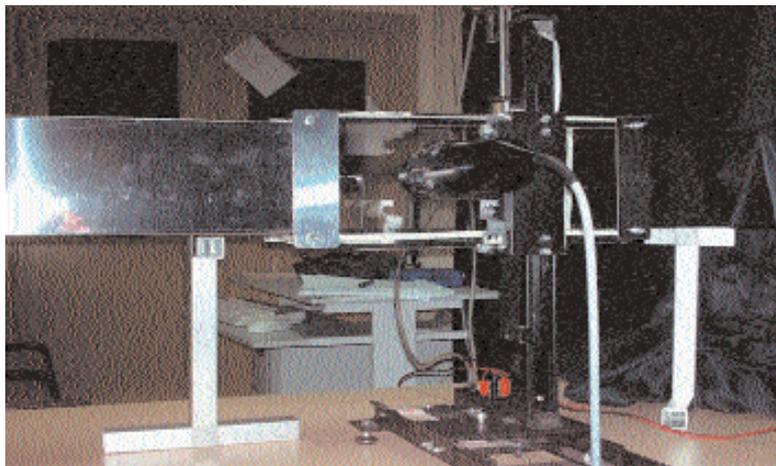



Figura 2 – Set-up dell'esperimento

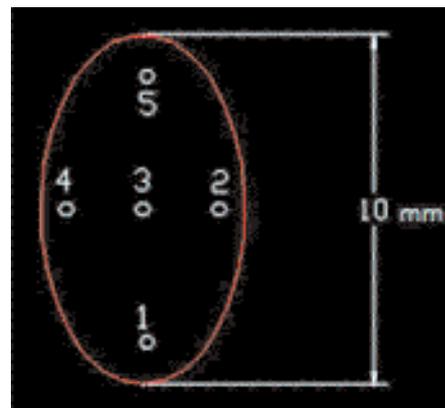



Figura 3 – Punti di misura con LDA

modo la velocità rilevata da LDA non è affetta dall'ingombro del Pitot.
Il volume di misura dell'anemometro e le prese di pressione del Pitot sono state collocate lungo l'asse del condotto. Le prove sono state eseguite in galleria di prova subsonica. Le sezioni, che ospitano il volume di misura dell'anemometro laser e il tubo di Pitot S disposto a valle, sono localizzate nel tratto a sezione costante del tunnel. Quest'ultimo è caratterizzato da sezione quadrata di lato 150 mm ed è stato installato, a valle del condotto, un ventilatore a velocità variabile. Inoltre, a monte del tunnel, è stato predisposto uno stabilizzatore di flusso a nido d'ape. Le prove sono state eseguite in prossimità di sette condizioni di flusso differenti, ottenute variando la velocità del ventilatore. I valori estremi di velocità riprodotti sono di 10 m/s e 25 m/s, individuando l'intervallo di velocità entro cui il Pitot S solitamente opera.
Se l'inseminazione del flusso è adeguata, le indicazioni fornite dall'anemometro sono rappresentative della velocità dei filetti fluidi di trasporto. Il Pitot S, per la sua geometria tozza, fornisce la pressione dinamica, mediata, dei molteplici filetti fluidi che impattano contro la sua presa di pressione anteriore. Pertanto, tale strumento fornisce indicazioni su una velocità mediata nella sezione di ingresso.
Perché la taratura sia accurata, è necessario allora determinare, mediante LDA, velocità di più punti collocati nella sezione di misura corrispondente a quella di presa anteriore del Pitot e posta a giusta distanza dal tubo stesso.
Il maggior vantaggio da cogliere riguarda la possibilità di impiegare contemporaneamente l'anemometro LDA e il Pitot sottoposto a taratura. Ciò conduce a una maggiore accuratezza procedurale dovuta all'assenza di rimozione e successiva re-installazione del Pitot standard e di quello S che si avrebbe nelle procedure standard di taratura. Mediante LDA, in ogni punto di misura e in prossimità di una data velocità del ventilatore sono state effettuate dieci replicazioni temporali, al fine di computare anche gli effetti sortiti dal tempo. Ciascuna replicazione temporale ha un numero di campioni di velocità dipendente dal *Data Rate [Campioni/secondo]* dell'anemometro. Quest'ultima procedura è risultata ridondante, poiché si è mostrato che il processo di acquisizione delle misurazioni con apparecchiatura LDA è di tipo stocastico, caratterizzato da stazionarietà ed ergodicità. Nel lavoro, inoltre, è stato dato ampio risalto alla valutazione delle incertezze delle misure con LDA, tenuto conto delle replicazioni temporali e spaziali effettuate. Da tali elaborazioni sono state ricavate incertezze molto limitate (si veda la Tabella 1), avallando la bontà della scelta dell'anemometro laser per la taratura del Pitot S.

RISULTATI DELLE MISURAZIONI

La Tabella 1 riporta i dati sperimentali utili ai fini della taratura del Pitot S.

L'impiego della (5) quale modello di taratura richiede il calcolo o la misura diretta della densità dell'aria nelle condizioni di taratura. Nel presente lavoro si è proceduto al calcolo della densità dell'aria a partire dalla misura della pressione barometrica della temperatura assoluta e dell'umidità relativa dell'ambiente di prova. La densità dipende anche dalla composizione chimica dell'aria impiegata per le misurazioni [11]. Tuttavia essa non influisce nella definizione della densità, essendo piuttosto costante. Un'altra caratteristica di cui si deve tener conto è l'effetto d'ingombro del tubo di Pitot: la sua inserzione nel flusso d'aria determina una riduzione della sezione utile al transito del fluido. Se il flusso è incomprimibile (come nel presente caso, con Mach inferiori a 0,3), e nell'ipotesi di portata mantenuta costante, una riduzione della sezione trasversale determina un aumento della velocità nella sezione medesima. L'aumento della pressione dinamica Δp_s che ne deriva determina una riduzione del coefficiente di taratura C_s. L'impiego di un coefficiente C_s ridotto (in sede di taratura del Pitot),

Tabella 1 – Dati sperimentali

Velocità LDA [m/s]	Incertezza standard Velocità LDA [m/s]	$\sqrt{\Delta p_s}\left[\sqrt{Pa}\right]$	Incertezza standard $\sqrt{\Delta p_s}$
9,36	0,01	9,36	0,49
11,10	0,01	11,04	0,62
13,43	0,01	14,01	0,52
16,38	0,01	16,81	0,57
19,34	0,01	20,01	0,54
22,30	0,01	22,26	0,62
25,26	0,02	26,33	0,56

può comportare, nel caso di un suo successivo impiego in camini industriali di grandi sezioni, valutazioni erronee delle velocità misurate. Tale effetto è rilevante nel caso in cui l'ingombro del Pitot S non sia trascurabile, ossia quando il rapporto fra la sezione trasversale di ingombro del Pitot e quella della galleria di prova non è trascurabile.
Affinché il coefficiente di taratura C_s risulti esente dall'effetto di riduzione sopra menzionato, è opportuno correggere la (5) come segue:

$$v_{LDA} = \bar{C}_s \frac{A - A_s}{A} \sqrt{\frac{2\Delta p_s}{\rho}} \quad (6)$$

in cui A e A_s indicano, rispettivamente, le sezioni di prova della galleria e quella del Pitot S. La densità e il fattore di ingombro sono dati dalle seguenti espressioni:

$$\rho = 1{,}199 \pm 0{,}003 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

$$\frac{A - A_s}{A} = 0{,}95$$

Del modello esplicitato in (6), si determina il coefficiente $\bar{C}_s$, quale coefficiente di taratura del Pitot, con regressione lineare ai minimi quadrati [9-10] dei risultati sperimentali ottenuti.
Il coefficiente di taratura corretto $\bar{C}_s$, risulta:

$$\bar{C}_s = 0{,}80 \pm 0{,}05 \ (95\%)$$

Il *coefficiente di correlazione* R^2, pari a 0,996, attesta la bontà della regressione effettuata.

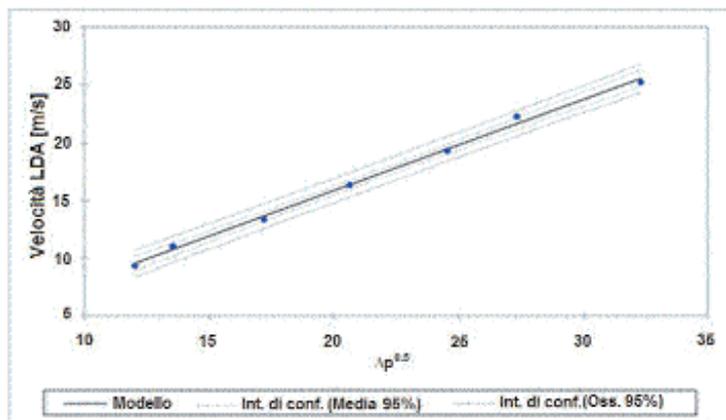



Figura 4 – Regressione del modello

$$v_{LDA} = \bar{C}_s \frac{A - A_s}{A} \sqrt{\frac{2\Delta p_s}{\rho}}$$

IN CONCLUSIONE

Scopo del presente lavoro è stato quello di definire una procedura alternativa per la taratura di un Pitot S. Il profilo di velocità del flusso è stata valutato mediante l'anemometro LDA in corrispondenza alla sezione di ingresso del Pitot S in taratura. La caratterizzazione qui proposta, basata su tecnica LDA, aiuta a limitare le cause d'incertezza tipiche della procedura standard. Inoltre, il modello proposto di calibrazione dello strumento permette di svincolare il coefficiente di taratura dalle condizioni termodinamiche e di ingombro della sezione trasversale di prova, rendendo le misure più attendibili. Il tubo di Pitot-S, date la sua economicità e versatilità, resta l'unico candidato per la misurazione di velocità e portate massiche di flussi gassosi provenienti da processi di combustione.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] R.T. Shigehara, R.M. Neulicht, W. S. Smith; *"Method for calculating power plant emission rate"*, EPA.
[2] Norma UNI 10169 (ed. Maggio 2001) p. 17.
[3] B. J. Leland, J. L. Hall, A. W. Joensen, J. M. Carrol; *"Correction of S-type Pitot Static tube coefficients when used for isokinetic sampling from stationary source"*, Iowa State University, Ames, IA.
[4] Robert F. Vollaro; *"Guidelines for type-S Pitot calibration"*; EPA 1977.
[5] Robert F. Vollaro; *"An evaluation of single-velocity calibration technique as a means of determining type-S Pitot tube coefficients"*, EPA 1976.
[6] Robert F. Vollaro; *"The effect of aerodynamic interference between a type-S Pitot tube and sampling nozzle on the value of the Pitot tube coefficient"*, EPA, 1975.
[7] Robert F. Vollaro; *"The effects of the presence of a probe sheath on type-S Pitot tube accuracy"*, EPA, 1975.
[8] E. Durst, A. Melling; *"Principles and practice of Laser Doppler Anemometry"*, Academic Press London, 1981.
[9] B. Cameron Reed; *Linear least-squares fits with errors in both coordinates"*, Departement of Physics, Saint's Mary University, Halifax, Canada.
[10] G. Dinardo; *"Calibrazione strumentale con tecniche ottiche"*, Tesi di laurea, Politecnico di Bari, 2008.
[11] R. S. Davis; *"Equation for the determination of the density of moist air (1981-91)"*, Metrologia, 1991.
[12] A. Picard, R. S. Davis, M. Gläser, K. Fujii; *"Revised formula for the density of moist air"*, CIPM-2007, 2007.
[13] T. T. Yeh, J. M. Hall; *"Airspeed calibration service"*, p. 21, NIST special publication 250-79, Gaithersurg, MD.

Giuseppe Dinardo è laureato con lode in Ingegneria Meccanica nel 2008 presso il Politecnico di Bari, e attualmente svolge, presso la medesima Università, il dottorato di ricerca (XXV ciclo) in Misure Meccaniche e Termiche sotto la supervisione del Prof. Gaetano Vacca.

Paolo Pietroni, dottore di ricerca presso il Dipartimento di Meccanica dell'Università Politecnica delle Marche, studia diagnostica senza contatto e sistemi innovativi di misura per le grandezze meccaniche, applicandoli al mondo degli elettrodomestici con il Gruppo Loccioni; inoltre collabora con il DIMeG del Poliba sulla caratterizzazione di flussi tramite tecniche ottiche.

Gaetano Vacca è professore ordinario di Misure Meccaniche e Termiche presso il Politecnico di Bari dal 2001. Formatosi negli Stati Uniti nel settore della fluidodinamica, ivi conseguendo la seconda laurea in Ingegneria Aerospaziale nel 1977, è divenuto professore ordinario di Macchine nel 1990, transitando poi nel settore ING-IND/12 delle Misure Meccaniche. La sua attività di ricerca è prevalentemente dedicata alle tecnologie laser (LDA, LDV, PIV) per le misure fluidodinamiche.

Alessandro Ferrero*, Veronica Scotti**

La nuova Metrologia Legale

gli aspetti più critici per la corretta applicazione delle nuove disposizioni

THE *NEW* LEGAL METROLOGY
The Directive 2004/22/EC of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004 on measuring instruments, generally known as MID, has significantly changed the legal metrology scenario, and has strongly (at least in Italy) pushed it toward a modernization that cannot be further postponed. The analysis of this Directive has, until now, focused mainly on the technical and metrological issues, since they have the most significant impact on the test and measurement activities. However, the MID has also brought changes that are not only, or prevailingly, technical: the changes on the whole legal metrology framework are quite significant and have also significant, even if not fully evident, legal implications that might lead, if not carefully considered, to criminal consequences.
This paper is aimed at discussing the main changes to legal metrology introduced by the MID from the legal perspective, highlighting the most critical points for the correct application of the new purview. It will show how its correct application shall be based on the awareness of the administrative and criminal consequences to which the technical experts might be exposed by the ignorance of issues that are more legal than technical.

RIASSUNTO
La Direttiva 2004/22/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 31 marzo 2004 relativa agli strumenti di misura, generalmente nota come MID, ha modificato notevolmente il panorama della metrologia legale, dandole, almeno in Italia, una robusta scossa verso una non più procrastinabile modernizzazione. L'analisi di questa direttiva si è finora prevalentemente indirizzata alla discussione degli aspetti tecnici e metrologici, essendo questi gli aspetti che maggiormente influenzano le attività tecniche di misura e verifica. Va però detto che la MID non ha introdotto cambiamenti solo o prevalentemente tecnici: significativi sono stati anche i cambiamenti introdotti all'intero quadro delle metrologia legale, con implicazioni giuridiche significative, anche se non sempre evidenti, che, se non adeguatamente considerate, possono esporre a spiacevoli conseguenze, anche penali.
Questo articolo si pone l'obiettivo di analizzare i principali cambiamenti introdotti sul piano giuridico alla metrologia legale, evidenziandone gli aspetti più critici ai fini di una corretta applicazione delle nuove disposizioni di legge, basata sulla consapevolezza dei rischi amministrativi e penali a cui potrebbe esporre l'ignoranza di alcuni aspetti di carattere più giuridico che tecnico.

LA METROLOGIA LEGALE IN ITALIA: UN BREVE EXCURSUS STORICO

La metrologia legale nasce dalla necessità di garantire la correttezza e la tutela della buona fede nelle transazioni commerciali che implicano l'utilizzo di strumenti di misura destinati a incidere sul prezzo finale della merce compravenduta. Notoriamente la necessità di effettuare misure nelle attività commerciali è diretta conseguenza dell'esigenza, pratica e imprescindibile, di identificare correttamente le quantità acquistate e vendute, esigenza che si manifestò fin dagli albori della società civile. Numerosi sono gli esempi storici che si rinvengono, anche da scavi archeologici, di bilance destinate alla pesatura delle merci e recipienti destinati a misure di capacità che fin dall'antichità venivano utilizzati come principale riferimento per le contrattazioni e gli scambi commerciali. Non è infatti casuale che il diritto romano utilizzi, quale formula di carattere giuridico, la locuzione "*per aes et libram*" (con questo rame e questa bilancia), che sta a indicare letteralmente la misura e il metodo usati sia per le transazioni commerciali, sia per istituti giuridici tra i quali ad es. il testamento in forma orale[1].
Peraltro il fatto che i pesi e le misure abbiano costituito un elemento importante di unificazione dei mercati e di trattamenti omogenei degli affari commerciali è testimoniato, oltre che dalle pratiche diffuse nella Roma imperiale, anche, in era meno antica, dal notevole impegno profuso in materia da Carlo Magno. Questi svolse un'importante opera di uniformazione, oltre che della moneta, anche di pesi e misure (di cui si trova traccia nel ben noto Capitulare de Villis), imponendo in particolare l'utilizzo di unità di misura uguali (oggi diremmo tracciabili) a quelle conservate presso i palazzi imperiali, analogamente a quanto avviene attualmente per i campioni di riferimento. Infine la storia più recente vede la costituzione, con la firma della Convention du Mètre nel 1875, di un organismo internazionale, il BIPM, istituito nello stesso anno a Parigi e partecipato originariamente da 17 Paesi fondatori, deputato alla definizione, realizzazione e conservazione dei

*** Dipartimento di Elettrotecnica, Politecnico di Milano**
alessandro.ferrero@polimi.it

**** Avvocato, Foro di Milano**
veronica.scotti@gmail.com

campioni delle unità di misura, a quei tempi limitati a metro, chilogrammo e regoli geodetici.
Dal breve excursus storico sopra riportato emerge chiaramente l'importanza determinante che, in ogni periodo storico, hanno rivestito le misure in diversi settori della vita quotidiana e, soprattutto, in ambito commerciale al fine di tutelare le posizioni delle parti contraenti. Il riferimento nazionale principale, che costituisce la normativa quadro del settore, è rappresentato dal Testo unico delle leggi sui pesi e sulle misure, emanato con R.D. 23 agosto 1890 n. 7088, che disegna la disciplina generale in materia di metrologia legale, prevedendo, per gli strumenti che rientravano nel proprio campo di impiego, controlli obbligatori e, in particolare, verifica prima e verifica periodica, debitamente attestata dagli organismi preposti alle attività di accertamento. Tale normativa si poneva come marginale rispetto alle attività che coinvolgevano l'utilizzo di strumenti di misura, in quanto i controlli, effettuati dapprima da uffici metrici provinciali e, successivamente, a decorrere dal 1 gennaio 2000[2], dalle Camere di Commercio Agricoltura Artigianato e Industria, riguardavano in prevalenza **strumenti di misura della massa e dei carburanti**, purché utilizzati per la **determinazione del quantitativo di merce venduta** e quindi **del corrispettivo da richiedere agli utenti**.
In particolare risultavano assoggettati al controllo periodico (*rectius* verifica periodica) gli strumenti utilizzati per i seguenti scopi:

- determinazione di una quantità e relativo prezzo (i) nelle transazioni commerciali dirette; (ii) nelle operazioni di confezionamento di prodotti da vendersi a peso o a volume in quantità nominali unitarie costanti o in quantità nette effettuate in assenza del consumatore finale; (iii) per il calcolo di un pedaggio o di una tariffa; (iv) per l'applicazione di disposizioni legislative e regolamentari e per perizie giudiziarie;
- determinazione della massa nell'attività medica a fini di diagnosi e cura.

La normativa della metrologia legale ha poi subito negli anni numerose modifiche evolutive derivanti, soprattutto, da interventi di provenienza comunitaria (direttiva 80/181/CEE; direttiva 71/316/CEE; direttiva 74/148/CEE; direttiva 90/384/CEE) che hanno imposto l'emanazione di ulteriori disposizioni a completamento del sistema metrologico nazionale. Tali modifiche non hanno tuttavia sconvolto l'impianto già costituito e consolidato, in quanto il campo applicativo risultava sostanzialmente immutato.

Da quanto sopra esposto appare evidente lo scopo primario della metrologia legale di **tutela della fede pubblica**, ogniqualvolta una transazione commerciale venga basata sul risultato di una misurazione. Compito della metrologia legale è infatti quello di garantire, attraverso lo svolgimento di opportune verifiche, che gli strumenti impiegati nella misurazione abbiano caratteristiche metrologiche adeguate.
Benché, in linea di principio, ogni transazione commerciale che coinvolge una valutazione quantitativa della merce oggetto di transazione ricada nel campo della metrologia legale, gli strumenti che rientravano, fino circa agli anni '90, nel novero di quelli sottoposti ai controlli da parte degli Uffici metrici competenti per Provincia erano, di fatto, solo le bilance e i misuratori di capacità – nella fattispecie i distributori di carburante – forse più ai fini di controlli fiscali che per tutelare la fede pubblica. Restavano pertanto esclusi dal campo d'applicazione della metrologia legale numerosi strumenti di misura la cui disciplina veniva stabilita, di fatto, in via contrattuale dalle parti sulla base del SI, introdotto in Italia e riconosciuto con legge 273/1991[3]. Un tipico esempio di strumento di larghissimo impiego e utilizzato per scopi tariffari, in passato escluso dal campo di applicazione della metrologia legale, è dato dal contatore di energia elettrica.
Peraltro, in linea generale, tutta la strumentazione di misura, utilizzata anche nell'ambito di transazioni commerciali, non rientrante nel novero degli strumenti sottoposti a controlli metrologici legali da parte degli Uffici metrici competenti per Provincia, poteva essere posta in commercio e messa in servizio senza preventiva approvazione o verifica di natura pubblicistica[4], ma con semplice (eventuale) attestazione da parte del fabbricante del corretto funzionamento e della conseguente conformità alle norme (tecniche, quindi volontarie) di riferimento.
Giova qui notare che la legge sopra citata prevede comunque la necessità (che si pone di fatto come un obbligo di natura virtuale, dato che non sono previste specifiche sanzioni al riguardo) di sottoporre a taratura periodica gli strumenti di misura, a qualsivoglia titolo utilizzati in attività commerciali. Infatti tale obbligo si pone, *a fortiori*, come attuale e rilevante nell'ambito delle attività commerciali, in funzione del generale obbligo di correttezza e trasparenza nelle transazioni. Quest'obbligo deriva direttamente dal principio generale di tutela della buona fede, che trova una più rigorosa protezione nella fattispecie disciplinata ex art. 515 c.p. rubricato come frode in commercio[5]. Pertanto risultava già riconosciuto nell'ordinamento nazionale, prima ancora dell'entrata in vigore della nuova normativa, un generalizzato onere, a carico di coloro i quali svolgevano attività commerciale e a tale scopo utilizzavano strumenti di misura, di garantire nel tempo le prestazioni metrologiche dei propri apparecchi di misura attraverso la periodica taratura che, tecnicamente, costituisce attestazione circa il funzionamento a specifica dello strumento.
È opportuno comunque precisare che quanto sopra argomentato costituisce un'interpretazione (estensiva) delle norme riguardanti la metrologia scientifica, che si distingue propriamente da quella legale che prescrive obblighi di verifica e disciplina gli effetti del mancato assoggettamento a controllo degli strumenti di misura. Infatti, benché attraverso la legge 273/1991 il legislatore nazionale abbia dato formale ingresso, attraverso l'adozione del SI, alle norme della metrologia scientifica, riconoscendo espressamente il valore giuridico di tale ordinamento parallelo[6], solo una minima parte della prassi e della buona regola della metrologia scientifica ha finora rappresentato un riferimento per la metrologia legale, per ragioni la cui analisi e trattazione esula dal presente contesto.

LA DIRETTIVA 2004/22/CE

Il legislatore comunitario, con l'intento di armonizzare il settore delle misure, ha proceduto a introdurre modifiche ai sistemi legislativi nazionali, mediante l'emanazione della direttiva 2004/22/CE[7], generalmente conosciuta come MID. In particolare la direttiva ha ampliato, raggruppandoli in macrocategorie, il novero degli strumenti da assoggettare a controlli legali, al fine di adeguare la (ormai obsoleta) normativa al progresso scientifico. Per ciascuna macrocategoria ha specificato i requisiti essenziali, definendoli come requisiti prestazionali e non progettuali, nello spirito delle direttive Nuovo Approccio[8].
Considerato l'intento di armonizzazione generale perseguito dalla direttiva, oltre alle caratteristiche specifiche che gli strumenti di misura devono possedere per la loro legalizzazione, sono definiti i meccanismi per la verifica della sussistenza di tali elementi, basati prevalentemente su un circuito di controllo di natura pubblicistica, caratterizzato da verifiche svolte da organismi notificati, posti sotto la vigilanza di organi amministrativi pubblici, condotte sulla base di procedure di valutazione della conformità, disposte dalla medesima direttiva ed elaborate sulla scorta di quanto previsto dalla decisione 93/465/CEE[9].
Come è noto, il campo di applicazione della MID riguarda i seguenti dispositivi e sistemi di misura:

- i contatori dell'acqua;
- i contatori del gas e i dispositivi di conversione del volume;
- i contatori di energia elettrica attiva[10];
- i contatori di calore;
- i sistemi di misura per la misurazione continua e dinamica di quantità di liquidi diversi dall'acqua;
- gli strumenti per pesare a funzionamento automatico;
- i tassametri;
- le misure materializzate;
- gli strumenti di misura della dimensione;
- gli analizzatori di gas di scarico.

La direttiva prevedeva per il proprio recepimento e relativa attuazione delle disposizioni adottate da ciascuno Stato membro, rispettivamente il 30 aprile 2006 e il 30 ottobre 2006, concedendo un termine ultrattivo di dieci anni, decorrenti dal 30 ottobre 2006, per quegli strumenti già sottoposti, in ambito nazionale, a controlli di metrologia legali e conformi ai pertinenti requisiti aventi validità a tempo indeterminato.

Taratura & Certificazione

TARATURA E PROVE DI CONFORMITA' SU STRUMENTI PER PESARE E MISURARE

Organismo Notificato
EU - Notified Body
N° 2166

SIT

Servizio di Taratura in Italia

Centro n. 147

Certificazione strumenti di misura in conformità alla Direttiva 2004/22/CE (MID)

Il laboratorio è riconosciuto idoneo dal Ministero dello Sviluppo Economico per l'esecuzione delle prove necessarie per richiedere il Certificato di Prova dei moduli di pesatura e il Certificato di Approvazione CE del Tipo.
Il laboratorio Labcert è in grado di effettuare prove metrologiche, di sicurezza elettrica e compatibilità elettromagnetica, in conformità alle seguenti normative e documenti OIML:

Direttiva 2004/22/CE- MID
Direttiva 90/384/CEE
UNI CEI EN 45501
OIML: R51, R61, R107, R50, R106, R35, R43, R138, R117, R76, R134, R120, R80

Impianti di betonaggio con pesatura automatica

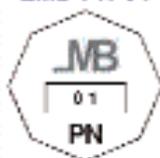
Pale meccaniche con pesatura dinamica

Selezionatrici Ponderali

Dosatori gravimetrici

Distributori automatici di latte fresco

Distributori automatici di detersivo liquido

LMB PN-01

Laboratorio Accreditato dalla Camera di Commercio di Pordenone per l'esecuzione della "Verificazione Periodica degli strumenti di misura" in applicazione del D.M. 28 marzo 2000, n. 182.
L'Idoneità è valida per tutto il territorio nazionale per i seguenti strumenti di misura:

Pesi e masse da 1mg a 2000kg
Strumenti per pesare fino a 100.000 kg
Misure di capacità fino a 1000 litri
Misuratori di carburanti presso distributori stradali
Complessi di misura per carburanti
Misuratori di volumi di liquidi diversi dai carburanti

Il Centro organizza periodicamente corsi di abilitazione alla verifica periodica degli strumenti per pesare e misurare

SIT

Centro n. 147

Taratura pesi e masse campione
Taratura strumenti per pesare

Servizi offerti nell'ambito di un Sistema Controllo Qualità ISO 9000

TARATURA: Strumenti per pesare – Impianti di betonaggio – Automezzi con pesatura a bordo - Presse prova materiali
Dinamometri - Celle di carico - Misure di capacità - Contatori volumetrici – Manometri – Pipette – Chiave dinamometriche ecc.

LABCERT snc di G. Blandino & C.
Via Comina, 3 – 33080 S. QUIRINO (PN) Italy
Tel. 0434-554707 - Fax 0434-362081
Internet : www.labcert.it – www.metrologia-legale.it
e-mail: info@labcert.it

Certificato N° 2315/99/S
Secondo le Norme :
UNI ISO 9001:2000
UNI CEI EN 45011
UNI CEI EN ISO 17025

LA MID IN ITALIA: IL DECRETO LEGISLATIVO N. 22/2007

A livello nazionale la direttiva ha ottenuto riconoscimento e formale ingresso nell'ordinamento attraverso l'emanazione del Decreto Legislativo 2 febbraio 2007, n. 22[11] che riproduce piuttosto fedelmente[12] i contenuti del disposto comunitario.
Il primo punto degno di menzione riguarda il notevole ampliamento del campo d'applicazione della metrologia legale sancito dalla MID. Infatti, oltre a prevedere ulteriori **tipologie di strumenti di misura** da sottoporre a verifica rispetto a quelle fino ad allora considerate, la MID si applica, per le categorie di strumenti così individuate, non più solamente a garanzia della lealtà nelle transazioni commerciali, come tradizionalmente si è usato fare dall'entrata in vigore del RD 7088 del 1890 a oggi, ma anche alla tutela di altri interessi, purché la sua applicazione sia giustificata da motivi **d'interesse pubblico, sanità pubblica, sicurezza pubblica, ordine pubblico, protezione dell'ambiente, tutela dei consumatori, imposizione di tasse e di diritti.** L'impatto che tale significativa estensione del campo di applicazione della metrologia legale ha su chi, a vario titolo, produce o utilizza misurazioni non è solo tecnico. Si può anzi affermare che l'impatto prevalente non è quello tecnico, dal momento che l'aspetto tecnico si traduce nella sola necessità di sottoporre a verifica un maggior numero di strumenti e nella necessità di rivedere alcune procedure di prova.
L'impatto prevalente rischia di essere quello legale in senso stretto, e non metrologico, per le conseguenze anche penali che una non corretta individuazione degli strumenti assoggettati ai controlli previsti dalla MID può comportare. Infatti, analizzando i nuovi campi di applicazione della metrologia legale sopra riportati, appare evidente che, nell'ambito di un processo produttivo, possono essere assoggettati alle verifiche previste dalla MID diversi strumenti, in precedenza esclusi da accertamenti di tale natura, anche qualora il loro funzionamento (corretto o meno) non incida sulla transazione commerciale ma sia coinvolto in misurazioni che possono avere conseguenze sull'ordine pubblico, sulla tutela dell'ambiente, ecc.
Prima di entrare nel dettaglio delle sanzioni in cui può incorrere chi viola quanto stabilito dal D.Lgs 22/2007 (e quindi, in ultima analisi, dalla MID), è opportuno sottolineare che le norme disposte dal legislatore non sono immediatamente vincolanti, in quanto il decreto individua un periodo transitorio di 10 anni (a decorrere dal 30 ottobre 2006 e, pertanto, fino al 30 ottobre 2016) per la propria definitiva e completa applicazione, in osservanza di quanto stabilito al riguardo dalla direttiva, limitatamente però agli strumenti già sottoposti a controlli metrologici e per i quali non sia stata definita una scadenza di validità della verifica.
Infine, una deroga è espressamente stabilita per strumenti di misura non normati prima del 30 ottobre 2006 e utilizzati per le funzioni indicate dal decreto stesso (funzioni di misura giustificate da motivi di ordine pubblico, sicurezza pubblica, protezione dell'ambiente etc.): tali strumenti potranno infatti continuare a essere utilizzati, purché messi in servizio prima dell'entrata in vigore del decreto (18 marzo 2007) senza assoggettamento ad alcuna verifica metrologica, a condizione che non siano rimossi dal luogo di utilizzo.

SANZIONI

Come si è brevemente iniziato ad accennare al precedente paragrafo, la non corretta individuazione degli strumenti assoggettati ai controlli previsti dalla MID può avere conseguenze non trascurabili. È quindi bene analizzare con attenzione che cosa prevede la normativa nazionale sul piano sanzionatorio, senza fermarsi al solo D.Lgs 22/2007. Il decreto prevede espressamente, in caso di violazione delle proprie disposizioni, sanzioni di carattere amministrativo sia per il detentore/utilizzatore/fabbricante che per l'organismo notificato[13].
Tale disposto, che istituisce una responsabilità solidale tra produttore, utilizzatore e verificatore, sembra porsi oltre che come norma con funzione sanzionatoria anche quale elemento preventivo. Attraverso il coinvolgimento di tutti gli operatori che assumano una qualunque relazione con lo strumento soggetto a controllo, si intende costruire una catena di responsabilità e controlli reciproci in modo da evitare che le disposizioni attinenti il funzionamento degli strumenti di misura possano essere violate.
Sarebbe però un errore ritenere che il quadro sanzionatorio si esaurisca con quanto disposto dal D.Lgs 22/2007 e quindi che una violazione delle disposizioni del decreto venga perseguita con una sola sanzione amministrativa.
Va sempre tenuto presente il noto principio di giurisprudenza secondo cui le norme di carattere generale hanno comunque validità, tranne nei casi in cui riferimenti espliciti o impliciti ne limitino l'applicabilità in casi specifici. Pertanto, le norme di carattere specifico, come il citato D.Lgs 22/2007, devono essere considerate aggiuntive di quelle di carattere generale, salvo contengano esplicite deroghe.
Sulla base di questo principio, quindi, per quanto attiene allo specifico campo di applicazione del D.Lgs 22/2007, non si può trascurare la norma penale di carattere generale, già sopra richiamata, disposta ex art. 515 c.p. "Frode nell'esercizio del commercio" che così prevede: "*Chiunque, nell'esercizio di un'attività commerciale, ovvero uno spaccio aperto al pubblico, consegna all'acquirente una cosa mobile per un'altra, ovvero una cosa mobile per origine, provenienza, qualità o quantità, diversa da quella dichiarata o pattuita, è punito, qualora il fatto non costituisca più grave delitto (c.p. 440 – 445), con la reclusione fino a due anni o con la multa fino a euro 2065,00*", che tutela la buona fede delle transazioni commerciali.
Analogamente si rende opportuno rammentare altre due disposizioni rilevanti in materia che prevedono sanzioni riguardanti pesi e misure, dove per pesi e misure si intende **qualunque strumento utilizzato per pesare o per misurare**. In particolare si rinvia all'art. 472 c.p. – Uso e detenzione di misure o pesi con falsa impronta[14] ed all'art. 692 c.p. –

Detenzione di misure e pesi illegali[15]. La norma disposta dall'art. 472 c.p. punisce chi utilizza, **recando ad altri un danno**, pesi o misure con l'impronta legale contraffatta o alterata, assimilando pertanto la condotta di coloro i quali appongono falsi sigilli (oggi marcatura supplementare metrologica CE) agli strumenti di misura, a quella di coloro che modificano ed adulterano, in qualche modo, detta marcatura; in alternativa sono previste la reclusione fino a 6 mesi o la multa fino a euro 516,00.
In ordine invece all'art. 692 c.p. esso punisce esclusivamente **l'utilizzo** o la semplice **detenzione** (anche senza l'utilizzo quindi!!) di pesi e misure (e strumenti di misura) **nell'ambito di un'attività commerciale**, qualora tali strumenti **non rispettino le norme di legge** ovvero siano diversi da quelli stabiliti dalla legge. In tale ipotesi è disposta una sanzione, recentemente tramutata in illecito amministrativo da una legge di depenalizzazione, di natura pecuniaria da euro 103,00 a euro 619,00.
Apparentemente le norme sopra richiamate sembrano fornire un quadro esaustivo a chiusura del sistema riguardante la disciplina degli strumenti di misura; in realtà, sotto il profilo giuridico, pongono alcuni problemi relativi alla loro applicazione pratica. Infatti, se non sono preventivamente individuate o individuabili fattispecie trasgressive specifiche, si rischia di compromettere la certezza stessa delle norme e di frustrare l'intento del legislatore di introdurre una maggiore trasparenza nel settore degli strumenti di misura. Peraltro, l'individuazione di fattispecie trasgressive specifiche non è compito semplice, proprio alla luce della loro potenziale numerosità (tutela dell'ambiente, tutela dell'ordine pubblico ecc.) introdotta dal decreto legislativo in esame per giustificare i controlli metrologici su diversi strumenti (purché ricadano nell'elenco delle macrotipologie individuate dalla stessa direttiva UE).
Tale problema si manifesta più concreto ed attuale con riferimento alla fattispecie illecita prevista dall'art. 692 c.p. Infatti l'art. 472 c.p. richiede, affinché ricorra la violazione e possa pertanto legittimamente essere irrogata la sanzione nello stesso prevista, il verificarsi di un danno a soggetto terzo unitamente alla contraffazione dei marchi metrologici apposti sullo strumento, ovvero devono sussistere condizioni certe e specifiche. Viceversa, nel caso previsto dall'art. 692 c.p., le circostanze che integrano la fattispecie illecita appaiono più nebulose dato che, da un lato, è sufficiente la semplice detenzione di uno strumento "illegale" nell'ambito dell'esercizio di un'attività commerciale, e dall'altro manca, allo stato, una definizione precisa e puntuale di strumento illegale. Infatti, per poter determinare la necessità di marcatura o meno (quindi se uno strumento debba essere assoggettato ai controlli previsti dal decreto per poter essere messo legittimamente in commercio), non è sufficiente l'individuazione della macrotipologia cui appartiene lo strumento, ma si rende necessario valutare se ricorrano altre condizioni che giustifichino i controlli stessi.
Ad esempio, si supponga di avere un processo produttivo che porta alla vendita di un prodotto finale e che questo processo implichi la necessità di generazione di calore con immissione di fumi in atmosfera. Prima dell'entrata in vigore del D.Lgs 22/2207, gli strumenti soggetti ai controlli di metrologia legale erano solo quelli impiegati nella determinazione della quantità di prodotto venduto. Dall'entrata in vigore del D.Lgs 22/2007, anche gli strumenti impiegati nel controllo dei fumi rientrano nel suo campo di applicazione, essendo impiegati a tutela dell'ambiente. Non tenerne conto potrebbe esporre ad azioni penali, con le conseguenze che tutto ciò comporta, a partire, per esempio, dal sequestro degli impianti per l'espletamento delle indagini.
Una siffatta norma, che punisce condotte non puntualmente definite, si suole definire norma (penale) in bianco in quanto è disposta la sanzione per fatti non predeterminati, ma eventualmente individuati (o individuabili) caso per caso con il rischio di vedere trattati in modo differente comportamenti omogenei ed equivalenti, contrariamente ai principi fondamentali dell'ordinamento in materia sanzionatoria.

CONCLUSIONI

Nelle brevi note sopra esposte si è inteso dare una sintetica panoramica sulle implicazioni giuridiche delle modifiche apportate alla metrologia legale dal recepimento delle MID. In particolare, si è voluto richiamare l'attenzione del lettore sulle conseguenze che il campo di applicazione della MID, ben più ampio di quello dei precedenti disposti di legge che disciplinavano la metrologia legale, può avere, non solo sul piano tecnico ma anche su quello sanzionatorio. Infatti il configurarsi della MID come norma in bianco, potrebbe esporre il tecnico che non ha correttamente valutato e giustificato se e come un dato strumento possa o meno rientrare nel campo di applicazione del D.Lgs 22/2007 ad azioni penali.
Un buon motivo in più perché le attività metrologiche e di misura non continuino a essere considerate, in azienda, alla stregua di Cenerentola. Non sempre, persa la scarpina, si trova un Principe che la raccoglie!

NOTE

[1] In particolare si fa riferimento alla formula rituale utilizzata per il testamento detto *per aes et libram* molto diffuso nell'antica Roma, che consisteva nella dichiarazione fatta dal testatore dinanzi a 5 testimoni e a un *libripens*, soggetto che faceva parte della categoria di magistrati romani e aveva il compito di attribuire ufficialità agli atti pubblici.
[2] D. Lgs 31 marzo 1998, n. 112 : conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59 (in G.U.R.I. 21 aprile 1998 n. 92).
[3] Legge 11 agosto 1991, n. 273 – Istituzione del sistema nazionale di taratura.
[4] Le verifiche condotte dalla Pubblica Amministrazione direttamente, come nel caso delle CCIAA che sono organismi associativi sottoposti a controllo pubblico diretto, ovvero da enti riconosciuti che agiscono in nome e per conto della pubblica amministrazione, assumono sempre natura pubblicistica in quanto volte a tutelare interessi superiori e più ampi rispetto a quelli privatistici che possono coinvolgere aspetti attinenti ad esigenze specifiche delle parti private.
[5] Art. 515 c.p. Frode nell'esercizio del commercio – Chiunque, nell'esercizio di un'atti-

vità commerciale, ovvero uno spaccio aperto al pubblico, consegna all'acquirente una cosa mobile per un'altra, ovvero una cosa mobile per origine, provenienza, qualità o quantità, diversa da quella dichiarata o pattuita, è punito, qualora il fatto non costituisca più grave delitto (c.p. 440-445), con la reclusione fino a due anni o con la multa fino a euro 2065,00.

[6] La teoria degli ordinamenti paralleli è frutto di una elaborazione dottrinale di Santi Romano che sostiene la parallela e contestuale esistenza di diversi ordinamenti, tutti al di sotto del primo e principale ordinamento giuridico rappresentato dagli Stati, che sono dotati di proprie specifiche regole munite di apposite sanzioni e che vivono in una dimensione propria ed indipendente (esempio tipico è rappresentato dalle federazioni sportive che sono un ordinamento completo costituito da regole, gerarchie e relative sanzioni in caso di violazioni).

[7] Direttiva 2004/22/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 31 marzo 2004 relativa agli strumenti di misura (in G.U.C.E L. 135 del 30/04/2004).

[8] La Risoluzione del Consiglio, del 7 maggio 1985, relativa a una nuova strategia in materia di armonizzazione tecnica e normalizzazione persegue l'armonizzazione delle regolamentazioni e delle norme tecniche e il mutuo riconoscimento dei risultati dei test e delle certificazioni. In specie il meccanismo di funzionamento del nuovo approccio prevede e si fonda su quattro principi:

– le direttive determinano i requisiti essenziali ai quali i prodotti che vogliono circolare liberamente all'interno dei Paesi comunitari devono rispondere in termini di sicurezza, tutela della salute, tutela dei consumatori;

– le specificazioni tecniche alle quali i prodotti devono rispondere per essere considerati conformi ai requisiti essenziali delle direttive vengono elaborate dagli organismi europei di standardizzazione che sono il CEN (Comitato Europeo di Normalizzazione), il CENELEC (Comitato Europeo di Normalizzazione Elettrotecnica) e l'ETSI (Istituto Europeo delle Norme di Telecomunicazione) che garantiscono a vario titolo la partecipazione all'attività di normalizzazione degli Organismi nazionali riconosciuti ad attività normativa dalla Direttiva Comunitaria 98/34/CE (per l'Italia l'UNI ed il CEI);

– l'utilizzo di queste norme è volontario.

Il produttore che applica le norme gode di una presunzione di conformità ai requisiti essenziali, mentre quello che se ne discosta si assume l'onere di provare che i suoi prodotti rispondono comunque ai requisiti essenziali fissati dalla direttiva di riferimento

[9] Decisione 93/465/CEE del Consiglio, del 22 luglio 1993, concernente i moduli relativi alle diverse fasi delle procedure di valutazione della conformità e le norme per l'apposizione e l'utilizzazione della marcatura CE di conformità, da utilizzare nelle direttive di armonizzazione tecnica. (*GUCE L 220 del 30/08/93*).

[10] La MID dichiara di contemplare anche i trasformatori di misura. Peccato che poi, all'allegato MI-003, che definisce le condizioni di misura, reciti: "Tuttavia, questo allegato contempla soltanto i contatori elettrici e non i trasformatori".

[11] Decreto legislativo 2 febbraio 2007, n. 22 – Attuazione della direttiva 2004/22/CE relativa agli strumenti di misura G.U.R.I. 17 marzo 2007, n. 64

[12] Sulla fedeltà delle versione italiana della MID alla versione inglese e francese e, di conseguenza, sulla fedeltà del D.Lgs 22/2007 alla MID si potrebbe aprire un lungo dibattito. Ma siccome molto è già stato scritto e comunque non è questo l'argomento che qui vogliamo trattare, ci limitiamo a prendere atto del modo "piuttosto fedele" con cui il dispositivo comunitario è stato – *more solito* a tempo scaduto – recepito.

[13] Art. 20. *Sanzioni* 1. Salvo che il fatto costituisca reato, chiunque commercializza o mette in servizio strumenti di misura utilizzati per le funzioni di cui all'articolo 1, comma 2, di cui agli allegati da MI-001 a MI-010, privi della idonea marcatura CE è punito con l'applicazione della sanzione amministrativa consistente nel pagamento di una somma da 500 euro a 1500 euro per ciascuno strumento commercializzato e messo in servizio. 2. Salvo che il fatto costituisca reato, gli organismi notificati che consentono l'applicazione delle marcature di cui all'articolo 13 a strumenti di misura non conformi alle disposizioni del presente decreto legislativo sono sottoposti alla medesima sanzione di cui al comma 1. 3. I rapporti sulle violazioni di cui ai commi 1 e 2 sono presentati, ai sensi e per gli effetti della legge 24 novembre 1981, n. 689, e successive modificazioni, al Segretario generale della camera di commercio, industria, artigianato e agricoltura competente per territorio.

[14] Chiunque fa uso, a danno altrui, di misure o di pesi con la impronta legale contraffatta o alterata, o comunque alterati, è punito con la reclusione fino a sei mesi o con la multa fino a euro 516,00. La stessa pena si applica a chi nell'esercizio di una attività commerciale, ovvero in uno spaccio aperto al pubblico, detiene misure o pesi con l'impronta legale contraffatta o alterata, ovvero comunque alterati. Agli effetti della legge penale, nella denominazione di "misure" o di "pesi" è compreso qualsiasi strumento per misurare o pesare.

[15] Chiunque, nell'esercizio di un'attività commerciale, o in uno spaccio aperto al pubblico, detiene misure o pesi diversi da quelli stabiliti dalla legge, ovvero usa misure o pesi senza osservare le prescrizioni di legge, è punito con l'ammenda da euro 103,00 ad euro 619,00. Se il colpevole ha già riportato una condanna per delitti contro il patrimonio, o contro la fede pubblica, o contro l'economia pubblica, l'industria o il commercio, o per altri delitti della stessa indole, può essere sottoposto alla libertà vigilata.

Alessandro Ferrero è professore ordinario di Misure Elettriche ed Elettroniche al Politecnico di Milano. La sua attività di ricerca è prevalentemente orientata all'impiego di sistemi di misura virtuali e distribuiti per misure su sistemi elettrici di potenza. Recentemente si è anche occupato di metodi per la rappresentazione e valutazione dell'incertezza di misura. È Fellow Member dell'IEEE. Ha presieduto il GMEE nel triennio 2004-2007 e ha presieduto la Instrumentation and Measurement Society dell'IEEE nel biennio 2008-2009. Nel 2006 ha ricevuto l'IEEE Joseph F. Keithley Award in Instrumentation and Measurement per i suoi studi sulla misura di grandezze elettriche in regime deformato.

Veronica Scotti è avvocato del foro di Milano e professore a contratto del corso di Implicazioni legali dell'esercizio della professione al Politecnico di Milano. La sua attività professionale ha quale principale obiettivo il supporto alle imprese in materia contrattuale, urbanistico-ambientale e nella gestione delle problematiche attinenti alla sicurezza, intesa come adempimenti a quanto prescritto dal TU 81/08 unitamente a integrazioni con sistemi di gestione complessi, sia in ambito giudiziale che stragiudiziale. L'attività scientifica si è focalizzata sull'analisi dei rapporti tra le misure e il diritto, *latu sensu* inteso, in collaborazione con l'unità di ricerca del GMEE del Politecnico di Milano.

a cura della Redazione di Tutto_Misure (franco.docchio@ing.unibs.it)

Norme emesse

Published Standards

Segnaliamo alcune norme EN di particolare rilevanza per il mondo delle misure e della metrologia, pubblicate da CEN.

EN ISO 10993-13:2010 – Biological evaluation of medical devices – Part 13: Identification and quantification of degradation products from polymeric medical devices (ISO 10993-13:2010) – Data pubblicazione: 15/06/2010

EN ISO 20685:2010 – 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases (ISO 20685:2010) – Data pubblicazione: 15/06/2010

EN ISO 4498:2010 – Sintered metal materials, excluding hardmetals – Determination of apparent hardness and microhardness (ISO 4498:2010) – Data pubblicazione: 15/06/2010

EN 9120:2010 – Quality Management Systems – Requirements for Aviation, Space and Defence Distributors – Data pubblicazione: 09/06/2010

EN 894-4:2010 – Safety of machinery – Ergonomics requirements for the design of displays and control actuators – Part 4: Location and arrangement of displays and control actuators – Data pubblicazione: 02/06/2010

EN ISO 9444-2:2010 – Continuously hot-rolled stainless steel – Tolerances on dimensions and form – Part 2: Wide strip and sheet/plate (ISO 9444-2:2009) – Data pubblicazione: 02/06/2010

EN ISO 18286:2010 – Hot-rolled stainless steel plates – Tolerances on dimensions and shape (ISO 18286:2008) – Data pubblicazione: 02/06/2010

EN ISO 1211:2010 – Milk – Determination of fat content – Gravimetric method (Reference method) (ISO 1211:2010) – Data pubblicazione: 01/06/2010

EN ISO 15225:2010 – Medical devices – Quality management – Medical device nomenclature data structure (ISO 15225:2010) – Data pubblicazione: 01/05/2010

CEN/TS 12977-1:2010 – Thermal solar systems and components – Custom built systems – Part 1: General requirements for solar water heaters and combisystems – Data pubblicazione: 07/04/2010

CEN/TS 12977-2:2010 – Thermal solar systems and components – Custom built systems – Part 2: Test methods for solar water heaters and combisystems – Data pubblicazione: 07/04/2010

CEN/TS 12977-5:2010 – Thermal solar systems and components – Custom built systems – Part 5: Performance test methods for control equipment – Data pubblicazione: 07/04/2010

CEN/TS 12977-4:2010 – Thermal solar systems and components – Custom built systems – Part 4: Performance test methods for solar combistores – Data pubblicazione: 07/04/2010

NEWS

AIRBUS SCEGLIE CAM2 COME FORNITORE CHIAVE DI LASER TRACKER

CAM2 (Gruppo FARO Technologies, Inc.), fornitore leader a livello mondiale di soluzioni portatili di misura e di imaging, e Airbus, uno dei maggiori produttori al mondo di aeromobili, hanno recentemente annunciato la sottoscrizione di un accordo quinquennale, che vede CAM2 in veste di uno dei principali fornitori di Laser Tracker e accessori di misura per la nuova linea di montaggio degli Airbus A350. L'accordo prevede l'acquisto di 62 *CAM2 Laser Tracker ION™* e descrive anche il ruolo dei fornitori chiave di Airbus nell'ambito delle attrezzature e dei sistemi di produzione.

Airbus è un cliente CAM2 di vecchia data e questo accordo integra le 33 unità già in uso dal 2002 per l'assemblaggio del corpo centrale (fusoliera) dell'A380 in Francia, Germania e Regno Unito.
Grazie a questo nuovo accordo, i CAM2 Laser Tracker saranno installati in tutti gli stabilimenti di produzione europei di Airbus.

Per ulteriori informazioni:
www.faro.com/italy

Carlo Carobbi*, Marco Cati**, Carlo Panconi***

Incertezza per disadattamento

in collegamenti a radiofrequenza

MISMATCH UNCERTAINTY IN RADIOFREQUENCY CONNECTIONS

Mismatch uncertainty originates from mismatch at both generator and load side of a radiofrequency connection. Error correction for mismatch is a well-known practice by radiofrequency power calibration laboratories [1]. Nowadays the evaluation of mismatch uncertainty is an issue also for Electromagnetic Compatibility (EMC) testing laboratories compliant with, accredited, or working towards accreditation to ISO/IEC 17025, since they must evaluate and declare uncertainty of testing and internal calibration results. The recent developments of receivers' technology, mainly due to the motion of analog-to-digital conversion towards the input of the receiver (from the output of the envelope detection circuit to the output of the last intermediate frequency stage), have dramatically enhanced the performances in terms of amplitude measurement accuracy [2]. Hence mismatch uncertainty has become a significant (if not dominant) contribution to many measurement uncertainty budgets. The scope here is to introduce the reader to mismatch uncertainty, giving the basic theoretical background and formulas. A simple and practical example is also illustrated.

RIASSUNTO

L'incertezza per disadattamento, in un collegamento a radiofrequenza, si origina dal disadattamento sia dal lato del generatore sia da quello del carico. La correzione dell'errore per disadattamento è una pratica ben nota ai laboratori di taratura di potenza a radiofrequenza [1]. Attualmente la valutazione dell'incertezza per disadattamento è un compito che anche i laboratori di prova di Compatibilità Elettromagnetica (CEM) conformi, accreditati o che ambiscono all'accreditamento alla norma ISO/IEC 17025 devono assolvere dal momento che devono valutare e dichiarare l'incertezza dei risultati delle prove e delle calibrazioni interne. Lo sviluppo recente della tecnologia dei ricevitori, principalmente dovuta allo spostamento della conversione analogico-digitale verso l'ingresso del ricevitore (dall'uscita del circuito rivelatore d'inviluppo all'uscita dell'ultimo stadio a frequenza intermedia), ha drammaticamente migliorato le prestazioni in termini di accuratezza della misura d'ampiezza [2]. Ecco allora che l'incertezza per disadattamento è divenuta un contributo significativo (se non dominante) di molti bilanci d'incertezza. Lo scopo qui è d'introdurre il lettore all'incertezza per disadattamento, fornendo la teoria di base e le formule. Viene poi illustrato un esempio semplice e pratico.

CHE COS'È LA CORREZIONE PER DISADATTAMENTO

Il contributo d'incertezza dovuto al disadattamento è sempre presente in qualsiasi misura a radiofrequenza (*RF*). Esso può essere un contributo significativo, o addirittura dominante oppure ancora trascurabile nel bilancio delle incertezze ma, in ogni caso, è sempre presente. Tale contributo d'incertezza si origina da un fatto fisico fondamentale: l'impedenza di uscita di un generatore RF non può essere identica al valore nominale di (50 + j0) Ω e l'impedenza d'ingresso di un ricevitore RF non può essere identica al valore nominale di (50 + j0) Ω. Facciamo due precisazioni. La prima: nei sistemi RF il valore di riferimento anziché essere (50 + j0) Ω può essere (75 + j0) Ω ma le considerazioni che seguono circa l'incertezza per disadattamento sono le stesse, fatto salvo di sostituire il 50 con il 75. Chiameremo nel seguito R_0 il valore di riferimento di 50 Ω o 75 Ω. La seconda precisazione riguarda il fatto che qui per generatore si intende qualsiasi sorgente RF, che può essere un vero e proprio generatore RF da banco ma anche un'antenna impiegata in ricezione, in quanto un'antenna in ricezione vista ai terminali è equivalente a un generatore. Lo stesso vale per una rete di alimentazione artificiale (AMN, LISN), una sonda di corrente, una pinza assorbente, etc. Analogamente per ricevitore RF si può strettamente intendere un analizzatore di spettro oppure un ricevitore EMI ma anche, più in generale, qualsiasi carico RF, come ad esempio un'antenna trasmittente, una rete di accoppiamento/disaccoppiamento (CDN), una pinza d'iniezione di disturbi (BCI), ecc.

In Fig. 1 è rappresentato un elementare collegamento RF: G rappresenta il generatore, M il misuratore. G è col-

*** Dip. Elettronica e Telecomunicazioni, Università di Firenze**
**** Ricerca e Sviluppo, Esaote S.p.A., Firenze**
***** Istituto Tecnico Industriale Statale "Silvano Fedi", Pistoia**
marco.cati@esaote.com

Figura 1 – Elementi essenziali di un collegamento RF. G è il generatore, M è il misuratore, un cavo di lunghezza l collega G a M

legato a M mediante un cavo RF di lunghezza l. Nell'analisi che segue assumeremo, per semplicità e per non introdurre elementi inessenziali alla comprensione dei fatti fisici fondamentali coinvolti, che il cavo abbia impedenza caratteristica $Z_0 = R_0$ e che abbia perdite trascurabili. Fatte queste ipotesi l'equazione fondamentale che regola il trasferimento di potenza dal generatore al misuratore è la seguente:

$$P_M = \frac{P_{G,T}\left(1-\left|\Gamma_M\right|^2\right)}{\left|1-e^{-2j\beta l}\,\Gamma_G\Gamma_M\right|^2} \qquad (1)$$

Analizziamo i vari termini che compongono l'equazione (1) e per fissare le idee immaginiamo che G sia effettivamente un generatore RF da banco ed M un misuratore di potenza RF. P_M è la potenza che G fornisce ad M. Γ_M è il coefficiente di riflessione complesso del misuratore, ossia $\Gamma_M = (Z_M - R_0)/(Z_M + R_0)$, dove Z_M è l'impedenza d'ingresso complessa del misuratore. Se l'impedenza d'ingresso di M fosse esattamente uguale a R_0 risulterebbe $\Gamma_M = 0$ (misuratore perfettamente adattato). Analogamente Γ_0 è il coefficiente di riflessione complesso del generatore e $\Gamma_0 = (Z_G - R_0)/(Z_G - R_0)$, dove Z_G è l'impedenza d'uscita complessa del generatore. Se l'impedenza d'uscita di G fosse esattamente uguale a R_0 risulterebbe $\Gamma_G = 0$ (generatore perfettamente adattato). Inoltre $\beta = 2\pi f / v$, dove f è la frequenza e v è la velocità di propagazione delle onde nel cavo. Infine $P_{G,T}$ è la potenza che il generatore fornisce a un carico d'impedenza R_0.

Vediamo adesso d'interpretare il significato dell'equazione (1). Consideriamo per primo il caso in cui il misuratore è perfettamente adattato ($\Gamma_M = 0$). Allora la potenza che il generatore fornisce al carico è proprio $P_{G,T}$. In effetti, nella pratica, il generatore viene tarato chiudendolo proprio su un carico d'impedenza R_0[1] e la potenza indicata dal generatore e le specifiche del generatore si riferiscono a questo particolare caso (il pedice T sta per "taratura"). $P_{G,T}$ quindi è la potenza indicata dal generatore. Consideriamo adesso il caso in cui il generatore è perfettamente adattato ($\Gamma_G = 0$). La potenza che il generatore fornisce al misuratore è $P'_M = P_{G,T}(1-|\Gamma_M|)^2$. Per tarare il misuratore si impiega in effetti un generatore la cui impedenza di uscita vale $R_0)^2$. Attenzione: l'indicazione del misuratore non è P'_M ma è aggiustata sul valore $P_{G,T}$, cioè sul valore di potenza che quello stesso generatore fornirebbe al carico d'impedenza R_0. Quindi l'indicazione del misuratore è $P'_M / (1-|\Gamma_M|^2)$ risultando così un poco maggiore della potenza P'_M che il generatore gli fornisce. Ora, nell'impiego sul campo, dove né il generatore né il misuratore possono considerarsi perfettamente adattati, l'indicazione del generatore $P_{G,T}$ e l'indicazione del misuratore $P'_M / (1-|\Gamma_M|^2)$ non coincidono e il loro rapporto vale, in base alla

$$\frac{P_{G,T}}{P_M/\left(1-\left|\Gamma_M\right|^2\right)} = \left|1-e^{j\beta l}\,\Gamma_G\Gamma_M\right|^2 \qquad (2)$$

Il termine $|1-e^{-2j\beta l}\Gamma_G\Gamma_M|^2$ prende il nome di correzione per disadattamento e può essere interpretato in due modi:

1) è la correzione da apportare alla potenza indicata dal misuratore necessaria per ottenere la potenza che il generatore invierebbe a un carico perfettamente adattato;
2) è la correzione da apportare alla potenza indicata dal generatore necessaria per ottenere la potenza che il misuratore, se fosse perfettamente adattato, riceverebbe da un generatore perfettamente adattato.

Alla correzione per disadattamento viene associata l'interpretazione 1) nella taratura di un generatore, e l'interpretazione 2) nella taratura di un misuratore. Dato che nella pratica è più frequente il caso in cui dalla lettura del misuratore si intende risalire alla potenza che il generatore invierebbe a un carico adattato, l'interpretazione 1) è più comune.

LA CORREZIONE DIVENTA INCERTEZZA

Nelle applicazioni, in particolare nella CEM, la correzione per disadattamento non viene effettuata. Il motivo è evidente: occorrerebbe conoscere ampiezza e fase dei coefficienti di riflessione Γ_G e Γ_M in tutta la banda di frequenza d'interesse (che spesso copre più decadi) e le caratteristiche del cavo in termini di l e v (cambiando poi cavo, ad esempio più lungo o più corto, cambia la correzione). Allora, visto che la correzione è prossima a 1 perché il prodotto $|\Gamma_G\Gamma_M|$ è piccolo, non vale la pena di determinarla. Si ammette di non conoscerla e si tiene conto di questa ignoranza aumentando l'incertezza di misura: si introduce quindi nel bilancio delle incertezze una voce per questo contributo, ed eventualmente si effettua una correzione costante (per un effetto sistematico) su tutto l'intervallo di frequenza.

Vediamo come si ragiona. Qualcosa è necessario conoscere, altrimenti tutto quello che si può dire sulla correzione per disadattamento è che sta fra 0 e 2 (o il reciproco fra ½ e infinito), che non è un grande vantaggio. Quello che si conosce di solito è il valore massimo del *ROS* nell'intervallo di frequenza d'interesse, sia dell'uscita di G che dell'ingresso di M. Si sa perciò quanto valgono, al peggio, $|\Gamma_G|$ e $|\Gamma_M|$, e il valore massimo del termine $|e^{-2j\beta l}\Gamma_G\Gamma_M| = |\Gamma_G\Gamma_M|$.

Possiamo chiamare k la quantità $|\Gamma_G\Gamma_M|_{MAX}$.

Quindi $|e^{-2j\beta l}\Gamma_G\Gamma_M| \le k < 1$.

Circa l'angolo di fase φ del termine $e^{-2j\beta l}\Gamma_G\Gamma_M$ nulla è noto, tranne il fatto che esso può stare con la stessa probabilità ovunque fra 0 e 2π. Quindi $0 \le \varphi \le 2\pi$. Ecco allora che alla correzione per disadattamento

$|1-e^{-2j\beta l}\Gamma_G \Gamma_M|^2$ associamo una variabile casuale $X = |1-ke^{j\varphi}|^2$ dove k è una costante minore di 1, che ricaviamo dalle specifiche di G e M, mentre φ è una variabile casuale uniformemente distribuita fra 0 e 2π. È facile verificare che:

$$X = |1-ke^{j\varphi}|^2 = 1 + k^2 - 2k \cos \varphi$$

È evidente allora che al variare di φ fra 0 e 2π la variabile X oscilla fra il valore minimo $(1-k)^2$ e il valore massimo $(1+k)^2$ seguendo un andamento sinusoidale. È intuitivo che essendo φ uniformemente distribuita fra 0 e 2π allora X ha una distribuzione di probabilità[3] con forma a "U" (simmetrica) in quanto la probabilità che X assuma valori prossimi ai massimi e ai minimi dell'oscillazione (dove la pendenza è nulla) è più alta della probabilità d'imbattersi nei valori intermedi (dove la pendenza è massima).
Nella CEM si usano di solito grandezze logaritmiche e quindi, piuttosto che alla variabile casuale X, siamo interessati ad $Y = 10log\ X$, ossia:

$$Y = 10log\ (1 + k^2 - 2k \cos \varphi) \qquad (3)$$

Non c'è da stupirsi se, come in effetti è, anche Y ha una distribuzione di probabilità con forma a "U" ma asimmetrica e con il minimo spostato verso destra visto che il logaritmo dà maggiore importanza ai valori piccoli (li espande) e minore a quelli grandi (li comprime). È d'interesse valutare il valore atteso di Y, che indichiamo con y, perché ci dice quant'è la correzione costante da apportare per effetto sistematico. Si scopre, facendo i conti che $y = 0$ dB. Quindi per via del disadattamento non c'è da effettuare alcuna correzione. Tuttavia l'incertezza della correzione (nulla) non è nulla e, in termini di uno scarto tipo (incertezza tipo), vale approssimativamente $(20log\ e)\ k/\sqrt{2} = 6{,}14k$ dB[4].
Ora, per esercizio, valutiamo quant'è l'incertezza per disadattamento in un caso pratico. Supponiamo di collegare un'antenna a un misuratore per effettuare una misura di emissione radiata da un apparato. Il *ROS* dell'antenna ci viene specificato essere inferiore a 2 in tutto l'intervallo di frequenza d'interesse. Allora il massimo coefficiente di riflessione dell'antenna vale $(ROS - 1)/(ROS + 1) = 1/3$. Il *ROS* del misuratore sia invece migliore di (inferiore a) 1,5, dunque il suo coefficiente di riflessione è minore di 1/5. Ne segue che $k = (1/3)(1/5) = 1/15$, e quindi il contributo all'incertezza del campo elettrico radiato associata al disadattamento è, in termini di uno scarto tipo, $6{,}14(1/15) = 0{,}41$dB.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. *Microwave mismatch error analysis*, Hewlett-Packard Application Note 56, 1967.
2. *Spectrum analysis basics*, Agilent Technologies Application Note 150, 2006.

NOTE

[1] In pratica il generatore viene chiuso su una terminazione adattata di buona qualità, che offre cioè un piccolo rapporto d'onda stazionaria (ROS in italiano, VSWR in inglese).
[2] Di fatto si impiega un generatore *RF* alla cui uscita è posto un attenuatore tarato di buona qualità, cioè la cui attenuazione è nota con accuratezza e offre basso *ROS* alle due porte.
[3] Più formalmente, una densità di probabilità.
[4] L'approssimazione è valida per qualsiasi valore pratico di k.

Carlo Carobbi si è laureato con lode in Ingegneria Elettronica nel 1994 presso l'Università di Firenze. Dal 2000 è Dottore di Ricerca in Telematica. Nel 2001 è ricercatore del Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni dell'Università di Firenze dove è docente di Misure Elettroniche e Compatibilità Elettromagnetica.

Marco Cati si è laureato con lode ed encomio solenne in Ingegneria Elettronica all'Università di Firenze nel 2001. Dal 2005 è Dottore di Ricerca in Ingegneria dell'Affidabilità, Manutenzione e Logistica. Dal 2005 fa parte del reparto R&S di Esaote dove è responsabile delle verifiche di Compatibilità Elettromagnetica su dispositivi ecografici.

Carlo Panconi si è laureato nel 2003 in Ingegneria Elettronica all'Università di Firenze. È Dottore di Ricerca in "Controlli non distruttivi". Dal 1988 è insegnante di Laboratorio di Elettrotecnica e di Elettronica nel triennio degli Istituti Tecnici e Professionali.

7ª EDIZIONE
13/14/15 APRILE 2011 - TORINO

METROLOGIA & QUALITA': il fondamentale momento d'incontro fra il mondo delle Misure, Prove e Controlli e l'utenza industriale

Costi d'iscrizione (includono gli Atti del Congresso)

Entro il 30 novembre 2010	Euro 290 + IVA 20% = totale Euro 348
Dopo il 30 novembre 2010	Euro 348 + IVA 20% = totale Euro 418

CONGRESSO SCIENTIFICO

Oltre 100 relazioni Orali e Poster

- Tavole Rotonde

- Eventi Speciali
- Seminari Pratici
- Mostra di Strumenti e Servizi

TEMATICHE D'INTERESSE PER LE TAVOLE ROTONDE

- Formazione in metrologia
- Nanometrologia
- Metrologia e meteorologia
- Metrologia legale
- Certezza del diritto e incertezza di misura
- Misure per l'ambiente e sicurezza
- Misure e risparmio energetico

I PRINCIPALI DESTINATARI DEL CONGRESSO METROLOGIA & QUALITÁ SONO: Decisori e Responsabili di Funzione di Aziende Private e Pubbliche (Qualitá, Ricerca, Progettazione, Controllo Qualitá, Produzione, Ufficio Tecnico, Manutenzione, Prove e Misure), Ricercatori, Tecnici e Docenti degli Enti di Ricerca e dell'Universitá, Responsabili dei Laboratori (di Taratura, Prova, Analisi), Consulenti e Valutatori.

Sedi del Congresso e della Mostra:
Centro Congressi Lingotto e I.N.Ri.M.
in sinergia con la Manifestazione
AFFIDABILITA' & TECNOLOGIE
INRiM Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica

COMITATO ORGANIZZATORE E PROMOTORE

Presidente: Dr. Gianfranco Molinar Min Beciet (INRIM)

INRIM, INMRI-ENEA, ISS, COPA-SIT, ACCREDIA (SINAL, SINCERT), GMEE, GMMT, ISPRA, CEI, ACISM-ANIMA, AEIT-GTMS, AFI, AICQ, AIPnD, AIS, ALPI, ANIPLA, FEDERUTILITY, GISI, ISA Italy Section, TERNA, UCISP, UNICHIM, AFFIDABILITA' E TECNOLOGIA (A&T), TUTTO_MISURE

Segreteria Organizzativa A&T - Torino
Tel: 011/0266700 - www.affidabilita.eu
metrologia@affidabilita.eu

2010-2011 eventi in breve

2010		
29 set - 1 ott Mar del Plata, Argentina	AIC Interim Meeting 2010	www.aic2010.org
4-6 ott Gaithersburg, MD, USA	1st IEEE International Conference on Smart Grid Communications 24	www.ieee-smartgridcomm.org
12-14 ott Taipei, TAIWAN	FLOMEKO 2010 - the 15th Conference on Flow Measurement	www.imeko.org
20-23 ott Dubna, Russia	INSINUME 2010 - Symposium on in situ nuclear metrology as a tool for Radioecology - Sponsored by IAEA	http://insinume2010.jinr.ru
26-29 ott Paris, France	EOSAM - Annual Meeting of the European Optical Association	www.myeos.org/events/abstractsubmission
1-4 nov Waikoloa (Hawaii) USA	IEEE Sensors 2010	www.ieee-sensors2010.org
21-25 nov Pattaya, TAILANDIA	21st Conference on Measurement of Force, Mass and Torque (together with HARDMEKO 2010 and 2nd Meeting on Vibration Measurement)	www.imeko.org
23 nov-10 The Square, Bruxelles, Belgium	SciTechEurope	http://guest.cvent.com/EVENTS/Info/Summary.aspx?e=abdb958d-70e0-4f3a-bb55-76839b892b4d
23-25 nov Belgrade (Serbia)	18th IEEE Telecommunications Forum (TELFOR 2010)	www.telfor.rs
5-10 dic Orlando, USA	Computer Measurement Group International Conferences	www.cmg.org/national/conferences.html
10-12 dic Wuhan (China)	The 2010 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering (CiSE2010)	www.ciseng.org/2010
10-12 dic Wuhan (China)	The 3rd International Conference on Information Technology in Education	www.ciseng.org/cite2010
10-12 dic Wuhan, China	3rd Int'l Conference pn Computer Science and Software Engineering	www.ciseng.org/csse2010
13-15 dic Jersey City, NJ, USA	IEEE Vehicular Networking Conference	www.ieee-vnc.org/2010
14-16 dic Singapore	EEE Photonics PGC 2010	www.photonicsglobal.org

2011		
7-8 mar Charlotte, NC, USA	2011 ASPE Spring Topical Meeting on Structured and Freeform Surfaces	www.aspe.net/meetings/2011_Spring/2011_Spring.html
13-18 mar Texas A&M University, College Station, USA	13th Int'l Conference on Modern Trends in Activation Analysis	http://tti.tamu.edu/conferences/mtaa13
14-17 mar Doubletree Hotel San Jose CA USA	International Laser Safety Conference (ILSC)	www.laserinstitute.org/conferences/ilsc/conference
6-11 apr Paris, France	IMEKO 2011 - Metrological traceability in the globalisation age	www.imeko.org
13-15 apr Torino, Italia	**VII° Congresso Italiano Metrologia e Qualità**	www.affidabilita.eu
13-15 apr Las Palmas, Spagna	International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ '11)	www.icrepq.com
13-15 apr Firenze, Italia	**AIPnD 10th International Conference on non-destructive investigations and microanalysis for the diagnostics and conservation of cultural and environmental heritage**	www.aipnd.it/art2011
27-29 apr Lisboa, Portugal	EUROCON2011 and Conftele2011	www.eurocon2011.it.pt
23-25 mag Muenchen, Germany	2nd EOS Conference on Manufacturing of Optical Components	www.myeos.org/download/Munich2011/1stcall_EOSMOC2011.pdf
18-24 giu Hamilton, Canada	3rd International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity (ICRER-2011)	www.icrer.org
19-24 giu Hamilton, Canada	International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity	www.ecorad2011.net
5-8 set Bologna, Italia	**8th IEEE Int'l Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drivers (SDEMPED 2011)**	www.sdemped11.ing.unibo.it
04-9 dic Washington, USA	Computer Measurement Group International Conferences	www.cmg.org/national/conferences

Metrologia per capillarità

*Rubrica a cura di Giorgio Miglio**

METROLOGY FOR EVERYONE
This section is open to questions and curiosity by all the measurement operators, both in industry and in calibration analysis and test laboratories, who do not have the time to search for answers in the Norms. The section gives answers and tips in a simple language, yet complete and worth adequate reference to rigorous metrological criteria.

RIASSUNTO
Questa rubrica è aperta alle domande e ai dubbi formulati da chi si occupa di processi di misurazione o di affidabilità e qualità delle misure sia in azienda sia nei laboratori di taratura, di prova o d'analisi e che non ha il tempo o l'opportunità di cercare spiegazioni nella normativa. La rubrica offre risposte e delucidazioni con un linguaggio che può peccare di eccessiva semplicità, ma non di disallineamento dai criteri metrologici ortodossi.

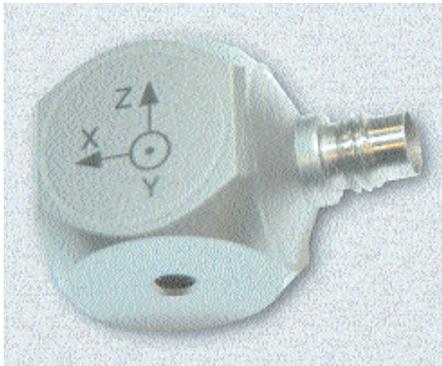
(DOMANDA) Sono addetto al controllo di qualità di un centro di taratura di apparecchiature per misurazione utilizzate in laboratori d'analisi: fino a oggi abbiamo operato con un sistema di gestione della qualità certificato a fronte della norma UNI EN ISO 9001, ma fra gli obiettivi a medio termine della Direzione vi è l'accreditamento SIT (Accredia). Conosco la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 e opero tentando di allineare progressivamente il nostro centro ai suoi requisiti.
La mia domanda nasce da un contatto avuto recentemente con un amico auditor il quale, parlando di procedure, mi accennava a un loro stato di validazione. Vorrei sapere se si riferiva solo alle procedure (metodi) di prova utilizzate nei laboratori di prova o anche alle procedure di taratura e, anche, cosa significa praticamente la "validazione".

(RISPOSTA) L'interesse e l'attenzione verso la tenuta sotto controllo dei processi di misurazione nelle aziende e nei laboratori sono cresciuti esponenzialmente dagli anni '90 in poi e la conferma di questo è dato dai "paletti" normativi piantati ben fermi intorno a concetti e prassi prima "traballanti": la EN 30012 (1993) sulla conferma metrologica, la GUM (Guide to the expression of uncertainty in measurement) nel 1995 sulla valutazione dell'incertezza di misura e la ISO 14253-1 (1998) sulla sua gestione, la ISO/IEC 17025 (1999) sulla competenza dei laboratori, ecc., con i loro successivi aggiornamenti.
La richiesta di validare le procedure di taratura è rimasta latente per anni, oggi sta diventando prassi quasi normale. Ma di che si tratta? Con il termine "validazione" si intende la conferma che i requisiti previsti, relativi a un utilizzo specifico o a una applicazione specifica, siano stati soddisfatti. Si presuppone che tale conferma sia sostenuta da evidenze obiettive e non soggettive.
Una procedura "validata" o un metodo di prova "validato" significa appunto che sono in stato di validazione, cioè sono stati confermati per l'utilizzo previsto.
Al di là delle suddette definizioni (liberamente tratte dalla UNI 9000:2005 e dalla UNI 17025:2005), si può dire che la validazione accerta la fondatezza tecnica di un metodo di prova o di una procedura di taratura, le loro caratteristiche ed eventuali limitazioni per l'applicazione cui essi sono destinati.
Naturalmente se il suo centro utilizza integralmente procedure di taratura emesse da organismi ufficialmente riconosciuti, internazionali o nazionali (EA, SIT, UNICHIM, ecc.), o dal costruttore dell'apparecchiatura non viene ritenuta necessaria la loro validazione. Ciò che però spesso avviene nella pratica è di "rilassare" la procedura originaria riducendo i punti di taratura sul campo di misura o la ripetibilità sui singoli punti di taratura o i cicli di salita e discesa per la valutazione dell'isteresi, ecc.: in questi casi, o in casi simili di scostamento dalla procedura ufficiale, va data evidenza che l'ampliamento d'incertezza così introdotto nel processo non compromette il valore di precisione richiesto per la specifica applicazione. In pratica si motivano e giustificano tecnicamente gli scostamenti, a meno che la procedura sia sviluppata integralmente dal laboratorio perché in tal caso la validazione diventa completa, oltre che mandatoria.
La validazione di un metodo o di una procedura è un processo che va documentato non solo per dare l'evidenza della modalità con cui è stata eseguita, ma anche della sua conclusione positiva e della sua approvazione.

RIFERIMENTI A NORME E GUIDE

Il riferimento per il quesito posto dal lettore è il para. 5.4 *"Metodi e procedure e validazione dei metodi"* della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 *"Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura"*. Per la definizione: punto 3.5.8 della norma UNI EN ISO 9000:2005 *"Sistemi di gestione per la qualità - Fondamenti e vocabolario"* e punto 2.45 del VIM (International Vocabulary of Metrology) 3rd edition.

*** Consulente di metrologia**
migliopr@tin.it

NUOVO ACCELEROMETRO PIEZOELETTRICO TRIASSIALE

Il Gruppo Kistler ha recentemente presentato il nuovo accelerometro triassiale *IEPE PiezoStar mod. 8766A* (x), alloggiato in un cubo molto piccolo con 3,7 g di massa, progettato per la misura accurata degli eventi nel campo di frequenza da 0,5 … 10 000 Hz.
La stabilità termica estremamente alta (-0,005 %/K) dello strumento ne consente l'utilizzo in regime di grandi variazione di temperatura, con elevata precisione. L'elemento sensibile del cristallo PiezoStar, estremamente rigido, fornisce una risposta in frequenza piatta, senza variazioni su tutta la gamma di frequenza utilizzabile, questo al contrario dei piezoelettrici tradizionali, e ciò migliora enormemente la misura del livello di accelerazione. Si tratta di uno dei pochi accelerometri dotati di 3 diversi fori filettati di montaggio, uno per ogni asse, che lo rende adatto al montaggio flessibile e alla calibrazione delle caratteristiche senza alcun adattatore in una taratura back-to-back su shaker.
Disponibile ora nei campi 250 e 500 g, lo strumento incorpora un elemento sensibile con cristallo piezoelettrico PiezoStar a taglio, con convertitore interno di carica IEPE *Piezotron®* abbinabile ai più attuali sistemi di front end di acquisizione con ingresso a corrente costante per accelerometri.
Il modello *8766A*(x)By offre una gamma standard di temperatura da -54 °C a 120 °C, mentre il modello *8766A*(x)Ty offre un range esteso di temperatura fino a 165 °C. Sono disponibili due differenti versioni di connettori per migliorare l'incremento di peso applicato alla struttura, dal più piccolo e leggero 4 pin *M4,5* al connettore standard a 4 pin $^{1}/_{2}$-28. Il contenitore ha tre fori filettati di 5-40UNF per il fissaggio in tutte le tre dimensioni perpendicolari. Il contenitore in titanio è ermeticamente sigillato e può essere esposto a condizioni ambientali estreme.
Con la risposta di frequenza estremamente ampia e piatta questo accelerometro è espressamente progettato per l'uso in test modali e nelle prove di durata in condizioni di temperatura elevata nei settori automotive, aerospaziale e strutture complesse in applicazioni spaziali e anche per il rilevamento del suono indotto nei crash-test automobilistici. Sono disponibili diverse opzioni per i cavi di connessione e per perni di montaggio isolati.

Per ulteriori informazioni:
www.kistler.com

PRODUTTIVITÀ TRIPLA CON LA NUOVA TESTA A 5 ASSI PER ISPEZIONI PUNTO-PUNTO SU MACCHINE DI MISURA

Renishaw lancia un altro prodotto innovativo, che cambierà le prestazioni di un'ampia gamma di macchine di misura a coordinate: la nuova testa *PH20*, che sfrutta la tecnologia sviluppata per il noto sistema di misura *REVO®* e può offrire un esclusivo metodo di misura rapida a contatto, con posizionamenti veloci e continui su 5 assi per garantire l'accesso ottimale agli elementi.

Prestazioni provate sul campo

Chi usa la testa *PH20* può sfruttare il posizionamento adattativo, in grado di gestire i disallineamenti dei pezzi, ed eseguire routine di calibrazione accelerate. Inoltre il supporto integrato per sonde *TP20* consente di ottimizzare il volume di lavoro della macchina, portando i benefici della misura a 5 assi anche sulle macchine di piccole dimensioni. Incorporando il tastatore *TP20* sulla testa *PH20*, gli utilizzatori del sistema possono accedere immediatamente a una serie di moduli d'ispezione collaudati, con un'ampia selezione di forze di deflessione, diverse opzioni di direzione di misura e prolunghe per soddisfare qualsiasi esigenza applicativa. La struttura modulare garantisce protezione dalle collisioni e i moduli possono essere sostituiti automaticamente utilizzando la rastrelliera *MCR20*.

Aumento sensibile della capacità di ispezione

Parlando di questa importante novità, Brian Gow, Marketing Manager Renishaw per i prodotti per macchine di misura, ha affermato: "*REVO ha definito lo standard per i sistemi di misura a 5 assi su macchine di grandi dimensioni, mentre l'aspetto entusiasmante della nuova testa PH20 è la possibilità di rendere accessibili le nuove tecnologie alla maggior parte degli utilizzatori di una macchina di misura. Come avviene con i sistemi REVO, anche la testa PH20 riduce al minimo i movimenti della CMM, abbassando drasticamente gli errori dinamici. Inoltre, grazie al tocco effettuato muovendo gli assi rotativi della testa, il tempo d'ispezione diminuisce enormemente. Un contemporaneo miglioramento di accuratezza, ripetibilità ed efficienza con tempi ridotti fino a tre volte rispetto alla misura punto-punto tradizionale*".

Impressionante riduzione dei tempi di taratura

Per molti utenti di CMM la taratura della sonda è un processo lungo e laborioso. La nuova testa PH20 consente un enorme risparmio di tempo grazie a una esclusiva tecnica di calibrazione rapida "deduttiva" che determina orientamento della testa e posizione della sonda con una singola operazione e permette di effettuare misure con qualsiasi angolazione della testa.

Retrofittabile su macchine esistenti

Il servizio di retrofit Renishaw in combinazione con il software di metrologia *MODUS™* garantisce una soluzione perfettamente integrata. Il sistema *PH20* sfrutta le capacità del controllo UCC di Renishaw che, tramite il solido protocollo I++, fornisce un collegamento con diversi software metrologici e applicativi.
Per chi misura punto-punto la testa PH20 costituisce un'eccellente opportunità di accedere all'innovativa tecnologia a 5 assi: grazie alle sue caratteristiche costruttive non richiede aria compressa e può essere montata sulla colonna della CMM direttamente o con un codolo utilizzando uno degli appositi adattatori. Un ulteriore vantaggio da non trascurare è la possibilità, in molti casi, di continuare a utilizzare, senza alcuna modifica, i vecchi programmi per teste indexate.

Per ulteriori informazioni:
www.renishaw.it

Edoardo Fiorucci

Accreditamento National Instruments all'Università dell'Aquila

National Instruments' accreditation for the University of L'Aquila

La Facoltà di Ingegneria dell'Aquila è stata accreditata come National Instruments LabVIEW Academy a decorrere dal 14 aprile 2010. Tale significativo traguardo è stato ottenuto grazie alla solidarietà che National Instruments Italia ha dimostrato alla Facoltà aquilana immediatamente dopo il sisma del 6 aprile 2009, concretizzatasi in donazioni di software e hardware, nonché in supporto per l'organizzazione di corsi di formazione per gli studenti e il personale tecnico.

Come prima attività della LabVIEW Academy dell'Aquila, è stato tenuto dal 15 giugno al 29 luglio dallo scrivente Ing. Edoardo Fiorucci, ricercatore nel settore Misure Elettriche ed Elettroniche certificato CLAD, un corso professionalizzante di 42 ore e 3 C.F.U., il cui obiettivo è fornire agli studenti di ogni corso di studio le conoscenze necessarie all'utilizzo dell'ambiente National Instruments LabVIEW per l'acquisizione, l'elaborazione e la gestione dei dati di misura nelle applicazioni ingegneristiche più ricorrenti. La sede del corso è stata una delle aule PC della nuova sede della Facoltà, edificio "Ex Optimes" nella zona industriale di Pile a L'Aquila, che dal settembre scorso ospita le attività didattiche.

Il corso è stato strutturato in modo da erogare i contenuti di LabVIEW Basics I e LabVIEW Basics II, così come previsti dalle attività formative sviluppate da National Instruments nei propri centri di formazione internazionali.

I contenuti della prima parte (A) del corso (LabVIEW Basics I) sono:

A.1) Problem Solving
A.2) Navigating LabVIEW
A.3) Troubleshooting and Debugging VIs
A.4) Implementing a VI
A.5) Relating Data
A.6) Storing Measurement Data
A.7) Developing Modular Applications
A.8) Acquiring Data
A.9) Instrument Control
A.10) Common Design Techniques and Patterns

I contenuti della seconda parte (B) del corso (LabVIEW Basics II) sono:

B.1) Communicating Between Multiple Loops 1
B.2) Communicating Between Multiple Loops 2
B.3) Event Programming
B.4) Controlling the User Interface
B.5) Advanced File I/O Techniques
B.6) Improving an Existing VI
B.7) Creating and Distributing Applications

Il materiale didattico utilizzato è stato fornito da National Instruments e comprende slides, manuali per l'istruttore e libro con questionari per la preparazione degli studenti.

Consegna della targa di NI LabVIEW Academy - maggio 2010

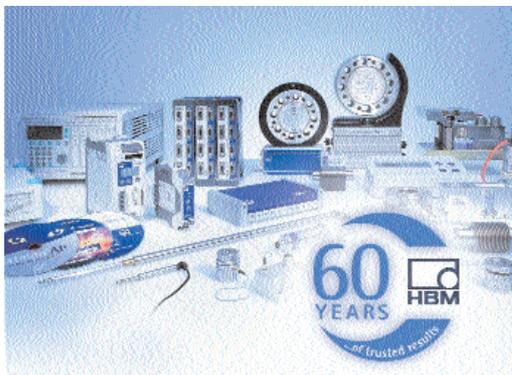
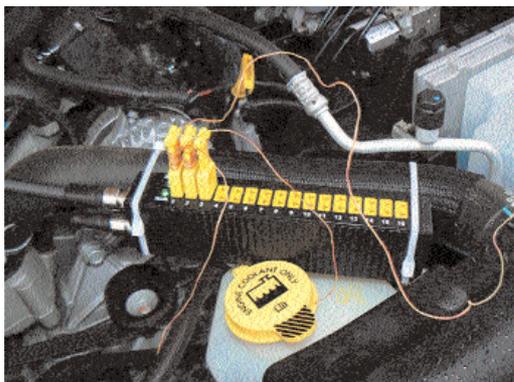
Il corso, benché tenuto in periodo coincidente con appelli di esame, è stato frequentato assiduamente da 27 allievi, dei corsi di laurea in Ingegneria elettronica, elettrica, meccanica, delle telecomunicazioni, informatica, automatica e gestionale; ognuno ha potuto utilizzare una postazione PC connessa in rete su cui è installato LabVIEW 2009; ogni 2 postazioni PC è stato disponibile un kit USB-DAQ NI per l'acquisizione dati corredato di strumentazione per generazione e visualizzazione di segnali. Gli allievi hanno avuto accesso all'aula fuori dall'orario di lezione per svolgere esercizi e per utilizzare il software in modo libero. Tutti gli allievi hanno ottenuto la possibilità di sostenere l'esame di certificazione CLAD (Certified LabVIEW Associate Developer), che grazie alla collaborazione con National Instruments Italia, si terrà in modo gratuito nel mese di settembre prossimo presso la sede della Facoltà.

Gli allievi durante la lezione

Ulteriori informazioni sul sito:
www.ni.com.
LabVIEW Academy nel mondo:
www.ni.com/academic/labview_academy_schools.htm
NI Certified LabVIEW Associate Developer (CLAD):
http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/14438

Socio GMEE, L'Aquila
edoardo.fiorucci@univaq.it

UN'INDAGINE GLOBALE SULLE TENDENZE DELL'ACQUISIZIONE DATI
I bisogni e le aspettative degli utenti individuate da un'indagine svolta dalla multinazionale tedesca HBM

Il mondo dell'acquisizione e analisi dei dati è caratterizzato da un continuo e rapido cambiamento: le aziende puntano a lanciare nuovi prodotti che sfruttano tecnologie sempre più complesse, riducendo sempre più i relativi tempi di sviluppo. Per ottenere tali scopi, spesso si chiede a gran forza che la tecnologia di misura intelligente possa richiedere personale relativamente poco addestrato. Efficienza e minori costi sono i due imperativi categorici per l'industria, all'insegna della "riduzione dei cicli di produzione mantenendo gli stessi livelli qualitativi".

Per ottenere una migliore percezione del mercato e della sua evoluzione, la HBM (azienda leader mondiale nel settore acquisizione e analisi dei dati) ha recentemente intrapreso un'indagine su scala internazionale, con questionari proposti in otto lingue (italiano, francese, portoghese, cinese, giapponese, coreano, tedesco e inglese) per garantire un'ampia partecipazione all'iniziativa, fra le prime in quest'ambito. Circa 600 ingegneri professionisti hanno risposto a 16 quesiti concernenti una vasta gamma di argomenti, quali il tipo di apparecchiatura utilizzata, le opzioni e caratteristiche reputate importanti, ecc.
Le tendenze generali emerse indicano che le necessità degli utenti di sistemi di acquisizione dati sono molto simili in tutto il mondo, con leggere differenze fra l'Europa, l'Estremo Oriente e le Americhe. Un messaggio chiave che se ne trae è la necessità per i costruttori di fornire un servizio globale per soddisfare i desideri dei clienti operanti su base mondiale.
L'80% degli intervistati ha evidenziato come caratteristiche più importanti dei sistemi di acquisizione dati la **facilità d'impiego** (evidenziata da ben il 96,5% di essi), le **prestazioni** e la **qualità**. Il 66,1% del campione ha indicato un altro requisito ritenuto fondamentale: la **capacità multifunzionale** di qualsiasi apparecchiatura per acquisizione dati, in modo da gestire differenti grandezze di misura. Ciò conferma la percezione che il mercato richiede una tecnologia di misura intelligente, ben allineandosi alla filosofia HBM di integrare TEDS (Transducer Electronic Data Sheet) e APM (Advanced Plug & Measure) nelle apparecchiature per acquisizione dati (DAQ).
Questi risultati sono stati sostanzialmente simili in tutti i paesi oggetto dell'indagine, sebbene gli ingegneri giapponesi ritengano la facilità d'impiego la caratteristica più importante dei sistemi di acquisizione rispetto alle effettive prestazioni dell'apparecchiatura. Ciò è molto interessante, dato che una precedente indagine sui sistemi di acquisizione dati, svolta in questo paese, indicava che i costruttori giapponesi erano meglio conosciuti per le prestazioni piuttosto che per la facilità d'uso.
Riguardo alle modalità di configurazione della strumentazione, l'indagine mostra una chiara preferenza, in tutti i paesi, per l'**uso del PC**, sia per la configurazione sia per l'acquisizione dati: l'85,6% dei rispondenti ritiene che tale metodo sia il migliore e tale percentuale sale addirittura al 93% nel Regno Unito. Metodi alternativi per l'acquisizione e la configurazione, come **l'impiego di controlli integrati** o il **salvataggio nello strumento/data logger**, hanno riscosso circa la metà delle preferenze ottenute dal PC. Questi risultati sembrano essere in linea con la richiesta di maggiore flessibilità nell'acquisizione dati, essendo il PC un'opzione più mobile e robusta sia per la raccolta dei dati e la loro analisi sul PC stesso sia per il loro trasferimento per ulteriori analisi.
Questa tendenza si riflette sul tipo di interfaccia che gli ingegneri preferiscono: fra le **interfacce del PC**, USB e Ethernet vengono considerate pressoché della medesima importanza (preferite da oltre il 60% degli intervistati). Non molto distanti, tuttavia, gli **I/O digitali** e le **uscite analogiche**, entrambe poco al di sotto del 60%. Ciò suggerisce che gli ingegneri hanno una leggera preferenza per le interfacce PC, ma sussiste ancora una buona richiesta di apparecchiature di acquisizione in grado di utilizzare una larga gamma di interfacce. Al contrario, solo il 40,5% degli intervistati ha indicato di preferire le interfacce **fieldbus**: negli USA il numero degli ingegneri che ritengono che le interfaccia fieldbus meno importanti o non molto importanti è all'incirca il doppio di quelli che le considerano importanti.
Da questi risultati si può ragionevolmente intuire che le applicazioni mobili assumono sempre maggior importanza. Oltre il 33,8% degli intervistati è coinvolto in applicazioni mobili (in particolare le analisi sperimentali delle sollecitazioni e quelle strutturali dei materiali e dei componenti) e tale percentuale sale quasi al 50% negli USA, in Germania, Cina e Francia.
Forse non sorprende che **l'alimentazione** dalla tensione di rete sia stata preferita dal 73,2% degli intervistati, sebbene le alimentazioni alternative, quali le reti a bordo dei veicoli, la tensione continua (CC) e l'alimentazione da batterie separate vengano considerate all'incirca della stessa importanza. La popolarità del PC è qui sottolineata dal 33,5% di tutti gli interpellati, che traggono l'alimentazione dalla porta USB: ciò corrisponde perfettamente al numero delle applicazioni mobili.
Su base mondiale, la necessità del PC è ulteriormente enfatizzata dal 43,3% di preferenze riscosso dal **mix di unità centralizzate e distribuite** per le misurazioni pluricanale paragonato al 29,6% ottenuto dai **sistemi centralizzati** e al 16% dei **sistemi puramente distribuiti**. La situazione è leggermente diversa negli USA, dove i sistemi centralizzati e quelli misti di unità centralizzate e distribuite sono considerati di pari importanza. Ciò conforta la scelta di HBM di fornire apparecchiature che possano essere facilmente integrate sia in sistemi centralizzati sia distribuiti sia in un mix dei due sistemi.
La maggior parte della strumentazione per acquisizione dati viene usata sia in laboratorio sia nei contesti industriali in cui le condizioni ambientali possono essere facilmente regolate; il 38,7% delle applicazioni, tuttavia, viene sviluppata all'aperto o in un veicolo, dove le condizioni ambientali sono spesso più variabili. Dati perfettamente in linea con i numeri degli intervistati che affermano di effettuare esclusivamente applicazioni mobili e con i numeri delle applicazioni statiche all'aperto.

Il cDAQ di HBM SoMat è un modulo di acquisizione dati con tipo di protezione IP67, robusto, su base CAN adatto per prove in qualsiasi ambiente

La capacità delle apparecchiature di acquisizione dati di operare in condizioni ambientali estreme (come, ad esempio, la gamma di strumenti *SoMat* di HBM) è resa ancora più importante dai dati riguardanti le prove di acquisizione: il 18% di esse vengono condotte con temperature ambientali superiori ai 60 °C (140 °F) e il 10,7% con temperature molto fredde, inferiori a -20 °C (-4 °F).
Gli ingegneri usano una vasta gamma di **opzioni software** e il software proprietario risulta essere l'opzione meno popolare.

Specialmente negli USA si ha una forte tendenza all'**uso di molti canali**: il 19,2% delle misurazioni impiegano un numero di canali compreso fra 32 e 64 e un ulteriore 22,2% impiega oltre 64 canali; ciò a fronte di percentuali mondiali, per il medesimo numero di canali, rispettivamente del 14,1% e 11,2%. Allo stesso modo, si nota la chiara necessità di **strumentazione di precisione**: il 40,8% degli interpellati richiede accuratezza fino allo 0,1% dei valori di misura e un 20,8% richiede la maggior precisione dello 0,05% dei valori di misura, sebbene ciò possa essere influenzato dal numero di risposte a questo quesito.
Una chiara tendenza, con implicazioni significative, è il **costante incremento del numero di canali**, seguito attentamente dall'industria dei sistemi di acquisizione dati. Secondo le analisi HBM, la maggioranza dei paesi seguiranno gli USA nell'aumentare notevolmente il numero di canali nelle proprie misurazioni. Il più alto numero di canali richiesto non implica affatto la diminuzione della precisione desiderata: dagli intervistati vengono perfino richiesti standard più elevati di accuratezza.

I mercati mondiali richiedono sistemi di acquisizione dati precisi, versatili e scalabili. Un tipico prototipo di tali moderne apparecchiature è rappresentato dall'ultimo sistema di acquisizione dati *QuantumX* della HBM.
La maggioranza degli intervistati impiega **cadenze di campionamento** fino a 10 000 misure/s e un numero significativo (11,3%) utilizza cadenze superiori a 50 000 misure/s. Per contro, solo il 3,8% del campione impiega cadenze di campionamento più basse, inferiori a 10 misure/s, quale area primaria di interesse. Il 38,5% degli interpellati effettua il **collegamento** alle apparecchiature di acquisizione con una vasta tipologia di diversi connettori: comuni morsetti a vite e fili a trefoli. I **connettori** BNC sono i più diffusi nel mondo (36,5%), mentre negli USA essi vengono preferiti dal 53,7% degli utenti. Anche i connettori RJ sembrano guadagnare a livello di popolarità.
La HBM afferma: "*Siamo molto colpiti dai risultati iniziali, dato che essi mostrano alcune chiare tendenze e alcune interessanti differenze regionali che influenzeranno lo sviluppo futuro dell'acquisizione e dell'analisi dei dati*".

Per ulteriori informazioni: **www.hbm.com**

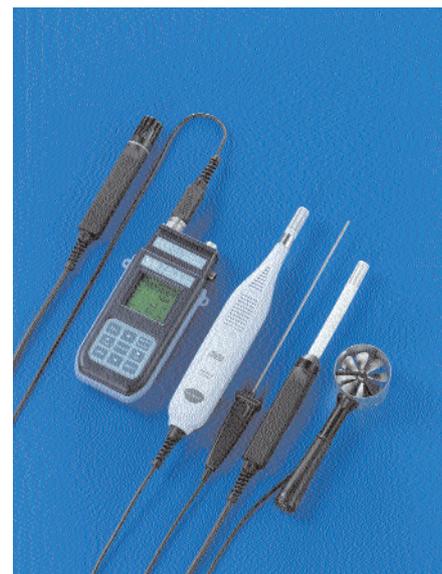
A cura di Gilbert Schwartmann

Il nuovo modulo MX878 per il sistema QuantumX offre complessivamente otto uscite analogiche di tensione e intelligenza locale

NUOVI DATA LOGGER PER MONITORARE L'ARIA NEGLI AMBIENTI INTERNI

La Delta Ohm (Caselle di Selvazzano – PD) presenta i nuovi data logger *HD37AB17D* e *HD37B17D*, in grado di misurare e memorizzare simultaneamente Umidità Relativa UR, Temperatura ambiente T, Monossido di Carbonio CO (solo il mod. HD37AB17D) e Biossido di Carbonio CO_2.
Questi strumenti sono indicati per investigare e monitorare la qualità dell'aria negli ambienti interni. Sua applicazione tipica è l'esame della qualità dell'aria negli edifici in cui vi è affollamento di persone (scuole, ospedali, auditori, mense, ecc.), negli ambienti di lavoro per ottimizzare il comfort e, in generale, per verificare se ci sono piccole perdite di CO, con pericolo di esplosioni o incendi. Tale analisi permette di regolare gli impianti di condizionamento (temperatura e umidità) e ventilazione (ricambi aria/ora) in modo da raggiungere un duplice obiettivo: ottenere una buona qualità dell'aria, secondo le normative ASHRAE e IMC vigenti, e un risparmio energetico. *HD37AB17D* e *HD37B17D* sono strumenti indicati per combattere la cosiddetta "sindrome dell'edificio malato".

I data logger sono in grado di memorizzare le misure rilevate, con cadenza prefissata dall'utente, e si connettono a PC tramite l'ingresso USB. Il software dedicato è in grado di valutare il "Ventilation Rate", calcolato in litri al secondo per persona.

Per ulteriori informazioni: **www.deltaohm.com**

Alfredo Cigada

VIII Congresso del GMMT Roma, 5/7 luglio 2010

The 8th Congress of the Mechanic and Thermal Measurements Group

Si è tenuto a Roma, dal 5 al 7 luglio scorsi, presso l'Università La Sapienza di Roma, l'VIII Congresso del Gruppo Nazionale di Misure Meccaniche e Termiche. L'incontro è consistito in due giornate di presentazione di lavori, selezionati dalle sedi, e in una giornata di assemblea.

È stata registrata un'ampia partecipazione da parte di tutte le sedi in cui sono presenti docenti del Gruppo, con una ricca presenza anche da parte di dottorandi e personale non strutturato, comunque legato al mondo delle Misure Meccaniche e Termiche.

Per quanto riguarda il programma tecnico, si sono tenute tre sessioni, che hanno riguardato:

1. Misurazione di grandezze meccaniche e termiche mediante sistemi ottici;
2. Sensori per la misura di grandezze meccaniche e termiche;
3. Tecniche di misura per grandezze meccaniche e termiche.

La qualità dei 25 lavori presentati è stata ritenuta nel complesso molto buona, confermando un interesse generale verso nuovi temi di ricerca, quale ad esempio l'impiego di sistemi ottici per le misure. Su questo tema, sul quale si concentrano numerose sedi, vi è stato un confronto interessante durante le sessioni, mentre sono stati confermati gli interessi verso temi più tradizionali, sia delle singole sedi, sia dell'intero gruppo, sia su ricerche di base, come la valutazione dell'incertezza, sia su ricerche applicate, come quelle per l'Ingegneria clinica o quella spaziale.

Nel corso dell'assemblea allargata, presenziata, in qualità di invitato, dal collega Prof. Giovanni Betta, futuro Presidente del Gruppo Misure Elettriche ed Elettroniche, si è dato l'avvio al processo di avvicinamento dei gruppi, secondo una politica di piccoli passi e di conoscenza reciproca auspicata dal Presidente del Gruppo di Misure Meccaniche e Termiche, Prof. Michele Gasparetto, nella presentazione dei lavori dell'Assemblea.

Partecipanti al Congresso di Misure Meccaniche e Termiche all'ingresso della Facoltà di Ingegneria di Roma La Sapienza

Tale approccio è già stato avviato localmente, ad esempio nella sede di Milano, nel corso di un primo incontro congiunto tra i docenti di Misure Meccaniche e Termiche e quelli di Misure Elettriche ed Elettroniche, avvenuto nei giorni precedenti il Congresso di Roma, con la presentazione delle attività dei singoli docenti.

Nell'Assemblea ampio spazio è stato dedicato al tema del congiungimento dei gruppi, con un'approfondita discussione in cui sono stati messi a confronto i modelli organizzativi dei due gruppi, con l'intento di trovarne una ottimale che recuperi gli aspetti migliori di entrambi. Il collega Betta ha spiegato con grande chiarezza il significato dell'Associazione del gruppo di Misure Elettriche ed Elettroniche, non presente per le Misure Meccaniche e Termiche, e di alcuni tra gli strumenti fondamentali per il suo funzionamento, quali ad esempio proprio la rivista Tutto_Misure o il seminario Gorini, al quale del resto già da anni la partecipazione è mista sia per parte degli studenti, sia del corpo docente, o ancora i premi per i giovani più brillanti.

È anche stata confermata la presenza dei docenti del gruppo di Misure Meccaniche e Termiche già impegnati nei gruppi di lavoro del coordinamento della Meccanica Italiana, alla riunione del Gruppo di Misure Elettriche ed Elettroniche del prossimo 13-15 settembre a Gaeta, nell'ambito di una tavola rotonda sul tema "SSD Misure, perché un'imposizione diventi una opportunità", in cui saranno discussi sia temi di ricerca, sia temi di didattica.

A compendio delle giornate lavorative, è stato dedicato mezzo pomeriggio a una immersione nel mondo della vita ebraica, in particolare quella della comunità ebraica romana, consistita in una interessante visita al quartiere ebraico di Roma, alla sinagoga e al museo ebraico, conclusasi poi con una cena Kosher.

Vicedirettore di Tutto_Misure
alfredo.cigada@polimi.it

Francesca Durbiano, Michela Sega

Alcuni contributi italiani alla Metrologia in Chimica

Sviluppi recenti delle attività svolte presso i laboratori dell'INRIM

RELEVANT ITALIAN CONTRIBUTIONS TO METROLOGY IN CHEMISTRY
In 1998 the National Metrology Institutes of Torino started research activities in metrology in chemistry. These activities went forward and new ones have been developed in the framework of amount of substance. The present paper reports on recent developments of the activities carried out in the laboratory of electrochemical analysis and in the laboratory of gravimetric gas mixtures and organic analysis of I.N.Ri.M., which were the starting points of metrology in chemistry. In particular, for electrochemical analysis the advancements in the electrolytic conductivity measurements, towards the establishment of traceability for ultra pure water, are presented.
In the field of organic analysis, the ongoing study on the determination under metrological traceability conditions of polynuclear aromatic hydrocarbons on urban particulate matter is reported.

RIASSUNTO
Nel 1998 la metrologia in chimica si affacciava nel campo di ricerca degli istituti metrologici nazionali torinesi. Tali attività sono progredite nel corso degli anni e se ne sono sviluppate di nuove nel settore della quantità di sostanza. Il presente lavoro riporta gli sviluppi recenti nelle attività svolte rispettivamente nel laboratorio di analisi elettrochimica e nel laboratorio di miscele gassose gravimetriche e analisi organica dell'I.N.Ri.M., nuclei iniziali della metrologia in chimica.
In particolare, nell'ambito dell'analisi elettrochimica sono presentati i progressi avvenuti per la misura di conducibilità elettrolitica in funzione di raggiungere la riferibilità per le misure di acqua ultra pura. Per l'analisi organica, viene riportato lo studio in corso sulla determinazione in condizioni di riferibilità metrologica di idrocarburi policiclici aromatici in matrici ambientali di particolato atmosferico urbano.

INTRODUZIONE

Nel 1998 la metrologia in chimica, su iniziativa della Dr.ssa Margherita Plassa, si affacciava nel campo d'attività degli istituti metrologici nazionali torinesi, l'Istituto di Metrologia Gustavo Colonnetti del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IMGC-CNR) e l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris (IEN) [1]. Tali attività sono progredite nel corso degli anni, anche dopo l'unificazione dei due istituti IMGC-CNR e IEN nell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (I.N.Ri.M.), e si sono sviluppate nuove attività di ricerca nel settore della metrologia della quantità di sostanza. Il presente lavoro riporta gli sviluppi recenti nelle attività svolte rispettivamente nel laboratorio di analisi elettrochimica e nel laboratorio di miscele gravimetriche e analisi organica dell'I.N.Ri.M., nuclei iniziali dell'attività di metrologia in chimica negli istituti metrologici nazionali torinesi.

CONDUCIBILITÀ ELETTROLITICA

L'attività legata alla misura della conducibilità elettrolitica presso il laboratorio di analisi elettrochimica dell'I.N.Ri.M. è stata incentrata negli ultimi anni sullo sviluppo e caratterizzazione di nuove celle con l'obiettivo di poter ampliare l'intervallo di valori riferibili alle unità del Sistema Internazionale (SI) a partire da valori elevati (5 $S \cdot m^{-1}$) corrispondenti a quelli dell'acqua di mare fino a valori prossimi a quelli dell'acqua ultra pura.
La misura della conducibilità elettrolitica è uno strumento analitico largamente utilizzato in chimica e in vari campi della scienza e della tecnologia. Questa misura consente di avere indicazioni rapidamente e a basso costo sulla concentrazione degli ioni in una soluzione. Se si considerano valori estremamente bassi di conducibilità (minori di 1 $\mu S \cdot cm^{-1}$), questo parametro consente di verificare la purezza dell'acqua.
Il valore di conducibilità elettrolitica ottenuto attraverso una misura primaria si basa sul rapporto fra la resistenza della soluzione e la costante caratteristica della geometria della cella in cui la soluzione è contenuta. La misura di resistenza è effettuata applicando una tensione in regime alternato in un ampio intervallo di frequenza e individuando quei valori in cui i fenomeni parassiti di doppio strato all'interfaccia elettrodo-soluzione o capacitivi sono minimi o assenti. La costante di cella è data dal rapporto fra la distanza e la superficie degli elettrodi. Per determinare in modo accurato la costante di cella diversi Istituti Metrologici Primari (IMP) hanno utilizzato una cella costituita da due ampolle in vetro contenenti due elettrodi di platino e una sezione centrale rimovibile. Effettuando la differenza fra una misura di resistenza considerando la cella con la sezione centrale e una senza si ottiene il valore di resistenza della soluzione contenuta nella

Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (I.N.Ri.M.) Torino
f.durbiano@inrim.it
m.sega@inrim.it

sezione centrale. In questo caso la costante di cella è data dal rapporto fra la lunghezza e l'area del foro della sezione centrale, misurabile con elevata accuratezza data la semplice geometria [2].
Presso l'I.N.Ri.M. sono state sviluppate e caratterizzate due celle primarie con sezione centrale di diversa lunghezza. La capacità di misura dell'Istituto è stata validata attraverso la partecipazione a confronti internazionali organizzati dal *Consultative Committee for Amount of Substance* (CCQM) e dall'*European Association of National Metrology Institutes* (EURAMET) su un intervallo di valori di conducibilità elettrolitica compreso fra 50 μS·cm^{-1} e 5 S·m^{-1} [3-7].
Per poter attivare un servizio di taratura di conduttivimetri verso l'esterno sono state sviluppate e caratterizzate due celle a geometria fissa. La taratura di conduttivimetri è effettuata per confronto utilizzando la stessa soluzione. Le celle sono principalmente costituite da un'ampolla in vetro contenente due elettrodi in platino piano paralleli affacciati [8]. In alternativa alla taratura dei conduttivimetri è stato anche sviluppato un sistema per la produzione e caratterizzazione di materiali di riferimento certificati [9] che permette al cliente di tarare i conduttivimetri in azienda, o in *situ*, con un'adeguata periodicità decisa dall'operatore stesso. Il processo di produzione di questi materiali di riferimento consiste di diversi passaggi eseguiti sulla base delle linee guida riportate sui documenti specifici per i produttori di materiali di riferimento [10,11].
Recentemente, in accordo con la crescente domanda di riferibilità dei settori industriale e medico, molti IMP si sono attivati nello sviluppo di sistemi di misura di riferimento per la conducibilità elettrolitica dell'acqua pura. Questa misura presenta particolari difficoltà sia per quanto riguarda l'inquinamento del campione (dissoluzione della CO_2 presente nell'aria e dissociazione in ioni), sia per la determinazione della resistenza del campione che non deve essere influenzata da fenomeni parassiti.
Presso l'I.N.Ri.M. è stato realizzato un sistema di misura a circuito chiuso in vetro per ridurre al minimo le possibilità d'inquinamento del campione per contatto con l'aria dell'ambiente. Il sistema di misura include una cella in flusso con geometria fissa adeguata per soluzioni acquose con ridotto valore di conducibilità, < 50 μS/cm, al fine di estendere la riferibilità della misura a valori prossimi a quelli dell'acqua pura [12]. La cella in flusso è stata inizialmente tarata per confronto con una cella primaria I.N.Ri.M. utilizzando soluzioni con conducibilità compresa tra 200 μS·cm^{-1} e 50 μS·cm^{-1}. Successivamente la cella in flusso è stata impiegata per effettuare misure di soluzioni con conducibilità nominale pari a 20 μS·cm^{-1} e 1 μS·cm^{-1}. Nella stima dell'incertezza hanno pesato soprattutto i contributi associati alla deriva della soluzione probabilmente dovuta all'inquinamento del circuito stesso, alla taratura della cella effettuata in modo statico su valori elevati e alla sua estrapolazione a valori inferiori a 50 μS·cm^{-1}.
Per migliorare l'incertezza di misura di conducibilità dell'acqua pura è stata realizzata una cella primaria in flusso, riportata in Fig. 1. Essa ha due rubinetti in teflon per inserire e togliere la soluzione, un ingresso e un'uscita laterali per consentire una misura in linea, la possibilità di estrarre gli elettrodi dalle due ampolle per poterli eventualmente pulire o sgrassare, e un facile e veloce sistema di chiusura sviluppato all'I.N.Ri.M.. Il foro della sezione centrale ha un diametro pari a 1,5 cm e uno spessore pari a 1 cm. Infine, siccome nelle celle in vetro sono stati verificati problemi di inquinamento dovuti alla tenuta del vetro con il platino e di accuratezza di realizzazione delle parti, all'I.N.Ri.M. è stata progettata una nuova cella primaria basata sulla deposizione di platino su superfici piane di allumina. In questo caso gli elettrodi hanno una superficie elevata (diametro pari a 5 cm) e sono posti a una distanza di qualche millimetro. Questa geometria dovrebbe favorire la misura accurata di soluzioni estremamente diluite utilizzando per la misura di resistenza il ponte RLC nelle sue migliori condizioni di lavoro. Anche in questo caso si effettua una misura differenziale e quattro dischi in allumina di diverso spessore (da 0,8 mm a 1,2 mm) sono stati realizzati e tarati per essere frap-

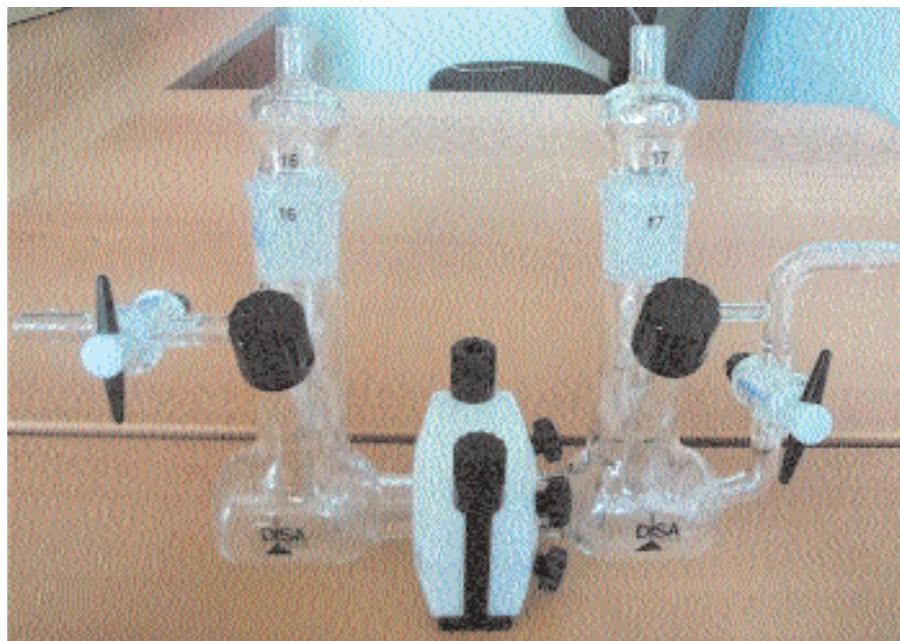



Figura 1 – Nuova cella primaria I.N.Ri.M. per le misure in flusso di conducibilità elettrolitica dell'acqua pura

posti fra gli elettrodi. Con queste due ultime celle si intende raggiungere un'incertezza di misura dell'acqua pura inferiore al 2 % come stabilito dalla *European* e dalla *U.S. Pharmacopoeia* [13,14].

ANALISI ORGANICA

Nel laboratorio di miscele gravimetriche e analisi organica dell'I.N.Ri.M., oltre alla preparazione di miscele gassose primarie per via gravimetrica di alcuni inquinanti [9,15,16], recentemente è stata avviata una linea di ricerca sull'analisi di microinquinanti organici, al fine di individuare un corretto percorso atto a stabilire la riferibilità metrologica dei risultati delle misurazioni di vari contaminanti in matrici reali.
Le analisi d'inquinanti in matrici reali prevedono la messa a punto di un procedimento complesso il cui stadio finale è la quantificazione mediante un metodo di confronto. Si ha a che fare con un numero enorme di sostanze che sono presenti in varie concentrazioni, spesso a livello di tracce, e che possono interagire con i costituenti delle matrici. Garantire la riferibilità metrologica dei risultati di queste misurazioni e valutarne l'incertezza associata è un problema non banale. Dovendo impiegare metodi di confronto, quindi non primari, la possibilità di disporre di materiali di riferimento certificati (MRC) è un punto di fondamentale importanza. Tuttavia, dato il numero virtualmente infinito di misurandi, non è sempre possibile disporre di MRC adeguati che devono essere utilizzati sia per la taratura della strumentazione analitica, sia per la validazione del metodo in termini di recupero e di eventuali scostamenti sistematici, quindi un approccio metrologicamente corretto nello sviluppo dell'intero metodo analitico è il primo ostacolo da affrontare e risolvere nell'esecuzione di misurazioni di questo tipo. Inoltre, anche nel caso in cui un CRM appropriato esista, esso può essere impiegato in una sola fase del metodo. Considerate tali premesse, le attività dell'I.N.Ri.M. nell'analisi organica sono state orientate verso due importanti classi di microinquinanti organici: i policlorobifenili (PCB) e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), questi ultimi anche nell'ambito di una collaborazione scientifica con l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) [17]. Le scelte sono state motivate dalle ragioni seguenti. I PCB sono inseriti tra le 12 classi di inquinanti organici persistenti (POP) nell'ambito dell'UNEP (*United Nations Environment Programme*) in seguito alla convenzione di Stoccolma del 1997 [18]. Gli IPA sono una classe di composti classificati come probabili o possibili agenti cancerogeni, pertanto la loro presenza nell'ambiente è oggetto di notevole attenzione; in particolare, il monitoraggio del benzo[*a*]pirene presente nel particolato atmosferico è previsto dalla legislazione vigente [19] poiché si tratta di una delle prime sostanze delle quali sia stata accertata la cancerogenicità.
In una prima fase dell'attività di ricerca sono state messe a punto le capacità analitiche per la determinazione e la quantificazione di 7 PCB in soluzione mediante gascromatografia accoppiata alla spettrometria di massa (GC-MS) [20,21]. Essendo lo stadio della quantificazione all'interno di un metodo il meno problematico in termini di riferibilità metrologica, esso è un ottimo punto di partenza per lo sviluppo del metodo stesso che va eseguito passo per passo. Sono state preparate più soluzioni dei vari analiti per la taratura del GC-MS allo scopo di poter coprire tutto l'intervallo di concentrazioni di interesse per i vari PCB. Per garantire la riferibilità metrologica dei risultati delle analisi, tali soluzioni sono state ottenute per diluizione mediante pesata di un CRM di PCB congeneri in isoottano, impiegando campioni di massa tarati presso l'I.N.Ri.M. in massa e volume. La capacità di misura è stata testata attraverso la partecipazione a un confronto internazionale in ambito EURAMET sulla determinazione di alcuni PCB in soluzione [22].
Nell'ultimo anno, gran parte dell'attività di ricerca si è indirizzata alla determinazione dei 16 IPA prioritari in una matrice ambientale, il particolato atmosferico urbano. È stato messo a punto un metodo analitico a partire dal campionamento del particolato fino alla quantificazione degli analiti mediante GC-MS, passando attraverso le fasi di preparazione del campione (estrazione, preconcentrazione) e valutando la resa dell'intero metodo. A differenza dell'analisi di soluzioni, in questo caso si ha a che fare con una matrice reale ambientale e pertanto la fase di identificazione e di quantificazione degli analiti risulta essere più complessa. A titolo di esempio, in Fig. 2 è riportato un tipico profilo gascromatografico di un campione ottenuto estraendo mediante estrattore Soxhlet un filtro su cui è stato campionato il particolato atmosferico urbano nel quale devono essere identificati e quantificati i 16 IPA di interesse.
Attualmente i CRM disponibili sul mercato in matrice di particolato atmosferico depositati su filtro sono caratterizzati solamente per la concentrazione di metalli pesanti. Esistono CRM costituiti da soluzioni di IPA oppure da particolato non depositato. Per valutare il recupero del metodo è quindi necessario preparare un materiale di riferimento in laboratorio a partire da un CRM contenente i vari IPA, mentre per la quantificazione verrà impiegato un CRM differente, contenente IPA deuterati. Sono in corso studi per la valutazione dell'incertezza che tenga conto dei contributi derivanti dalle varie fasi del metodo analitico.
Sviluppi futuri dell'attività di analisi organica potrebbero prevedere un approccio all'analisi di purezza delle sostanze solide e liquide da impiegare nella preparazione di soluzioni di riferimento.

BIBLIOGRAFIA

[1] F. Durbiano, M. Sega, "Gli IMP per la Metrologia in Chimica", *Tutto_Misure*, n. 1, **1999**, pp. 60-61.
[2] F. Brinkmann, N. E. Dam, E. Deák, F. Durbiano, E. Ferrara, J. Fükö, H. D. Jensen, M. Máriássy, R. Shreiner, P. Spitzer, U. Sudmeier, M. Surdu e L. Vyskočil, "Primary methods for the measurement of electrolytic conductivity", *Accreditation and Quality Assurance*, Vol. 8, n. 7, Heidelberg, **2003**, pp. 346–353.
[3] F. Durbiano, E. Ferrara, G. Marullo Reedtz, P. P. Capra, "Pilot Study CCQM –

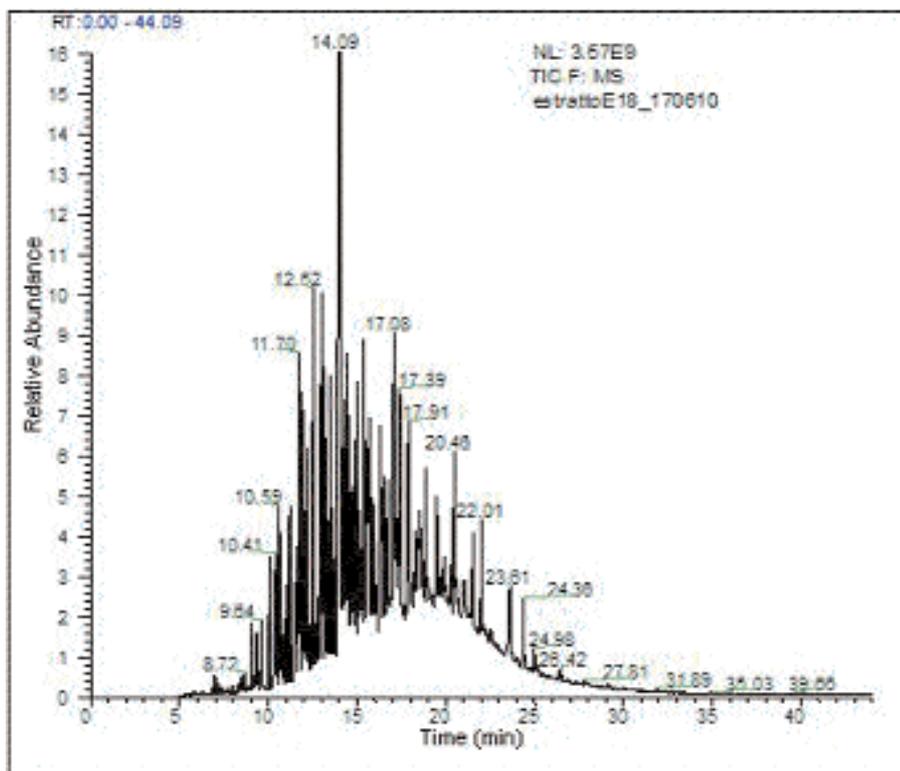



Figura 2 – Gascromatogramma di un estratto di filtro contenente particolato urbano

P22 on Electrolytic Conductivity. IEN Measurement Report", *Rapporto Tecnico IEN n. 629*, maggio **2001**.

[4] F. Durbiano, L. Callegaro, P. P. Capra, G. Marullo Reedtz, "Pilot Comparison CCQM-P47 on Electrolytic Conductivity of dilute solutions, IEN Measurement Report", *Rapporto Tecnico IEN n. 666*, ottobre **2003**.

[5] F. Durbiano, L. Callegaro, P.P. Capra, and V. D'Elia, "Key Comparison CCQM-K36: Electrolytic Conductivity at 0.5 and 0.005 S/m, IEN Measurement Report", *IEN Technical Report No. 694*, October **2005**.

[6] C. Boveri, L. Callegaro, F. Durbiano, "EUROMET Electrochemical Analysis WG - Project: 918. Study on the traceability of salinity measurements in seawater. I.N.Ri.M. Measurement Report", *I.N.Ri.M. Technical Report no. 46*, January **2007**.

[7] C. Boveri, F. Durbiano, "Pilot Study CCQM - P111: Traceable determination of Practical Salinity and mass fraction of major seawater components. I.N.Ri.M. Measurement Report", *I.N.Ri.M. Technical Report no.136*, August **2008**.

[8] F. Durbiano, "Taratura di conduttivimetri per confronto", *Rapporto Tecnico IEN n. 671*, gennaio **2004**.

[9] E. Amico di Meane, L. Bergamaschi, C. Boveri, F. Durbiano, L. Giordani, M. Sega, "Produzione e certificazione di materiali di riferimento: esempi di attività dell'I.N.Ri.M.", *Tutto_Misure*, n. 3, **2009**, pp. 223-227.

[10] ISO (2000) Guida 34-General requirements for the competence of reference material producers, ISO, Ginevra.

[11] ILAC (2000) ILAC G 12-Guidelines for the requirements for the competence of reference material producers.

[12] C. Boveri, F. Durbiano, D. Serazio, "Development of a flow-through cell for accurate measurements of low electrolytic conductivity", *Proceeding of the XIX IMEKO World Congress Fundamental and Applied Metrology*, September 6–11, **2009**, Lisbon, Portugal.

[13] European Pharmacopoeia, Edition 5.2, Section 2.2.38: "Conductivity", Monograph 1927: "Water, Highly Purified" and Monograph 0169: "Water For Injections".

[14] United States Pharmacopoeia, 28th Edition, Physical Test Method {645} - "Water Conductivity".[15] E. Amico di Meane, M. Sega, F. Rolle, "International comparison CCQM-K52 Carbon dioxide in Synthetic air – I.N.Ri.M. results", *Rapporto Tecnico I.N.Ri.M. n. 32*, **2006**.

[16] E. Amico di Meane, M. Plassa, F. Rolle, M. Sega, "Metrological traceability in gas analysis at I.N.Ri.M.: gravimetric primary gas mixtures", *Accreditation and Quality Assurance*, Vol. 14, n°11, **2009**, pp. 607-611.

[17] S. Balzamo, E. Amico di Meane, E. Calabretta, M. Plassa, M. Potalivo, M. Sega, "Misure di IPA nel particolato atmosferico: riferibilità dei risultati" in: "*Atti del VI Congresso Metrologia e Qualità*" Torino, 7-9 aprile **2009**.

[18] **www.unep.org**.

[19] D.Lgs. 3 agosto 2007, n.152.

[20] M. Sega, E. Amico di Meane, "Determination of PCBs in organic solution: an example of traceability chain", in: *Proceedings of the international APAT-IUPAC workshop "Combining and reporting analytical results. The role of (metrological) traceability and (measurement) uncertainty for comparing analytical results"*, Roma, **2006,** pp. 92-95.

[21] M. Sega, E. Amico di Meane, F. Rolle, "Metrological traceability chain for PCBs: I.N.Ri.M. activity" *Accreditation and Quality Assurance*, Vol. 14, n°11, **2009**, pp. 601-605.

[22] **www.euramet.org**.

Francesca Durbiano ha conseguito la Laurea in Chimica presso l'Università degli Studi di Torino nel 1996 e il Dottorato di Ricerca in Metrologia: scienza e tecnica della misura presso il Politecnico di Torino nel 2004. Nel 1996 con una borsa di studio ha lavorato presso l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti, a Torino, sulle miscele dinamiche di gas. Dal 1998 ha lavorato presso l'Istituto Elettrotecnico G. Ferraris (ora Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica) a Torino, dove si occupa di misure elettrochimiche. È responsabile del campione nazionale di conducibilità elettrolitica di soluzioni acquose.

Michela Sega ha conseguito la Laurea in Chimica presso l'Università degli Studi di Torino nel 1992 e il Dottorato in Scienze Chimiche nel 1997 svolto presso il Dipartimento di Chimica Analitica dell'Università di Torino. A partire dal 1998 lavora presso l'Istituto di Metrologia Gustavo Colonnetti di Torino del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IMGC-CNR), poi confluito nell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (I.N.Ri.M.), occupandosi di metrologia in chimica, con particolare riguardo all'analisi di gas e all'analisi organica. Dal 2001 è ricercatrice presso lo stesso Istituto.

Raffaella Novello raffaella.novello@unipd.it

Sviluppo di campioni e procedure per la verifica metrologica di uno scanner laser 3D

in assenza di norme internazionali relative ai sistemi ottici

DEVELOPMENT OF STANDARDS AND PROCEDURES FOR THE METROLOGICAL VERIFICATION OF A 3D LASER SCANNER
The article, part of the project OP3MET, has the aim to reach the metrological traceability of a new laser scanner measurement system. In fact there are no accepted international standards to check metrological performances of optical systems. The article focuses on development and implementation of performance verification procedures; and on the evaluation of task specific uncertainty.

RIASSUNTO
Il presente lavoro, all'interno del progetto europeo OP3MET, ha come obiettivo principale lo sviluppo di modalità di verifica tali da garantire la riferibilità metrologica delle misure effettuate con un nuovo scanner laser 3D, attività resa ancora più complessa dall'assenza di norme internazionali relative ai sistemi ottici. In particolare si sono sviluppati e implementati i campioni e le procedure per la verifica delle prestazioni, ed è stata valutata l'incertezza *task-specific.*

SCANSIONE DI SUPERFICI FREEFORM CON SCANNER 3D

La metrologia industriale assume un ruolo sempre più importante in molti settori industriali, inclusi *automotive*, industria medicale e lavorazioni dei materiali. In tutto il settore manifatturiero c'è la richiesta crescente di controlli dimensionali con elevata accuratezza e velocità. I sensori ottici per metrologia a coordinate soddisfano in molti casi le richieste di rapidità di misurazione, facilità di scansione di curve e superfici *freeform* e possibilità di misurare i componenti senza contatto con gli stessi, ma spesso questi obiettivi sono raggiunti a discapito

PREMIO DI LAUREA DEL CMM CLUB

L'Associazione CMM Club Italia bandisce annualmente un premio di laurea allo scopo di premiare studenti di Ingegneria che abbiano svolto la tesi di laurea magistrale su tematiche di interesse dell'Associazione, nonché di incoraggiare gli studenti delle facoltà di Ingegneria italiane a dedicare i loro studi alle tematiche della metrologia a coordinate applicate alla produzione industriale.
L'edizione 2009 del premio ha visto vincitrice la tesi "*Sviluppo di campioni e procedure per la verifica metrologica di uno scanner laser 3D*" dell'Ing. Raffaella Novello che, come vuole il regolamento del premio, è stata presentata dall'autrice ai Soci del CMM Club nel corso dell'assemblea annuale che si è tenuta a Torino, presso I.N.Ri.M., lo scorso 13 aprile.
La tesi dell'Ing. Novello, premiata con 1500 €, è stata scelta all'unanimità dalla commissione formata dai soci onorari dell'Associazione, Prof. Sartori, Ing. Costelli e Ing. Deni, in un lotto di candidati che proponevano tesi di indubbio interesse tecnico ed applicativo.
Il lavoro premiato è stato sviluppato presso il Laboratorio di Metrologia Geometrica e industriale dell'Università degli Studi di Padova nell'ambito del progetto europeo "*OP3MET Optical 3D Metrology – Automated in-line metrology for quality assurance in the manufacturing industry*" con la supervisione dell'Ing. Simone Carmignato e del prof. Enrico Savio.
La redazione di Probing, notiziario di informazione tecnica dell'Associazione CMM Club Italia, congratulandosi con l'Ing. Raffaella Novello per il successo conseguito, propone ai lettori di Tutto_Misure un articolo di sintesi della tesi premiata e incoraggia i laureandi e i neolaureati in Ingegneria a candidarsi al premio per l'anno 2010.

Premio di laurea 2010 – Associazione CMM Club Italia

A seguito della valutazione positiva dell'esperienza 2009, il Consiglio Direttivo dell'Associazione CMM Club Italia ha deciso di bandire un nuovo Premio di laurea per l'anno 2010. Anche per questa edizione sarà premiata la tesi di laurea magistrale in Ingegneria che riguarderà tematiche della metrologia dimensionale e a coordinate applicata alla produzione industriale meccanica.
Il bando è disponibile sul sito associativo ***www.cmmclub.it***

dell'incertezza di misura e della riferibilità delle misurazioni. Per tale motivo negli ultimi anni gli sviluppi della tecnologia in tale ambito sono stati rapidi e importanti; tale rapidità però non ha consentito uno sviluppo adeguato di norme specifiche che regolino la verifica delle prestazioni e permettano una scelta consapevole del sistema di misura più appropriato e performante.
Il progetto europeo OP3MET, all'interno del quale rientra il presente lavoro, ha avuto come obiettivo lo sviluppo di un sistema innovativo per la misura 3D automatizzata, basato su scansione laser. Lo scanner oggetto dello studio è prodotto da 3Shape A/S, azienda danese specializzata nel *reverse engineering* per applicazioni nel settore biomedico e in particolare nel CAD/CAM dentale. Sono stati approfonditi i seguenti argomenti: (i) studio delle proprietà ottiche dei diversi materiali per sviluppare un campione adatto alla verifica metrologica dello scanner laser; (ii) sviluppo, implementazione e applicazione di procedure per la verifica delle prestazioni della tavola rotante e dell'intero sistema; (iii) studio dei metodi di taratura applicabili al sistema laser, sviluppo e applicazione di procedure per ottenere la riferibilità della misura (valutazione dell'incertezza *task-specific*). Gli studi e i cambiamenti apportati allo scanner lo hanno trasformato in un sistema di misura versatile, veloce, poco costoso, facile da usare e soprattutto metrologicamente riferibile.

LO SCANNER 3D E I CAMPIONI

L'attuale scanner viene utilizzato per scansionare calchi dentali e impronte dell'orecchio esterno con lo scopo ultimo di produrre apparecchi acustici e dentali personalizzati [1]. Il sistema è basato sul principio della triangolazione laser: un piano laser incide la superficie e due sensori CCD acquisiscono l'immagine [2, 3]. Possiede 3 gradi di libertà: traslazione del laser lungo l'asse x, rotazione della tavola rotante attorno all'asse z e attorno all'asse x (swing).

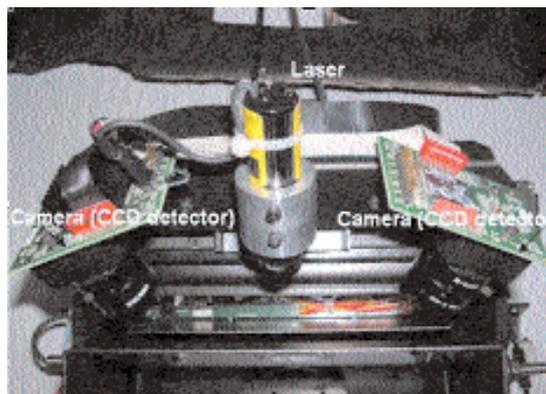



Figura 1 – Laser scanner

I campioni per testare i sistemi ottici non sono ancora stati definiti dalle norme internazionali e, a differenza delle macchine di misura a contatto, questi sistemi risentono notevolmente delle caratteristiche ottiche superficiali. Per determinare quale superficie sia più cooperativa nei confronti dello scanner sono stati analizzati i seguenti parametri: (i) l'intensità media dei pixel colpiti (TM) e (ii) la deviazione standard dell'intensità luminosa in direzione perpendicolare al raggio. Le superfici piane analizzate sono: alluminio sabbiato, alluminio rettificato, superficie verniciata bianca, rivestimento in cromo, rivestimento in nitruro di titanio, acciaio rettificato e acciaio trattato con attacco acido. Tra questi materiali viene ricercato quello la cui superficie presenta un elevato valore di TM (superficie che riflette gran parte del raggio luminoso), una deviazione standard ridotta e un comportamento il più lambertiano possibile [4, 5]. Le misure sono state ripetute a 21 diverse altezze lungo l'asse y mantenendo fissi gli altri gradi di libertà. La superficie più cooperativa risulta essere quella bianca (TM=194,71; SD=31,23); da evidenziare il comportamento dell'acciaio (TM=134,44; SD=70,05) che dopo essere stato trattato con l'acido possiede caratteristiche ottiche più adatte al laser scanner (TM=175,33 ; SD=47,62). Prendendo spunto anche dalle linee guida VDI/VDE 2634-Part 2:2002 [6] sono state scandite diverse sfere bianche: in zirconio, in allumina, e sfere in acciaio inox trattate o non con l'acido. Confrontando le misure di diametro e di errore di forma ottenute con il sistema ottico con quelle ottenute con una CMM, è possibile verificare qual è il materiale migliore per costruire i campioni per la verifica dello scanner. Dai test effettuati emerge che il campione adatto per la verifica delle prestazioni del laser scanner è una ball-bar con sfere in allumina o in acciaio inox trattato con l'acido.

VERIFICA DELLE PRESTAZIONI

Per sviluppare le procedure per la verifica metrologica dello scanner laser si sono studiate le norme e le linee guida esistenti per le macchine di misura a contatto e le norme nazionali esistenti per i sistemi ottici. Applicandole al sistema laser si sono messi in evidenza i cambiamenti, le modifiche e le aggiunte necessarie per renderle adatte allo strumento di misura in esame.
Per verificare le prestazioni della tavola rotante ci si è ispirati alla norma

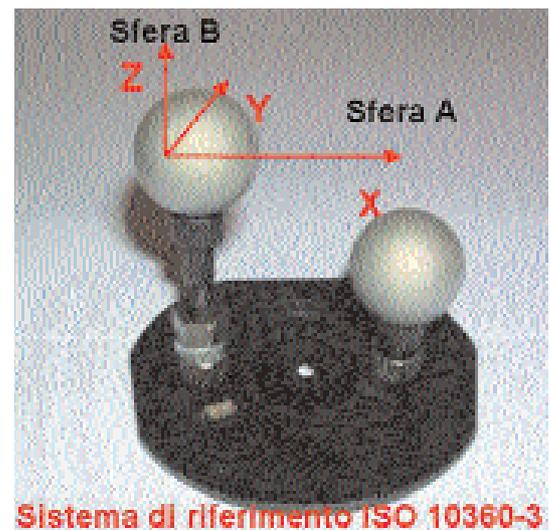



Figura 2 – Campione prototipo per la verifica delle prestazioni della tavola rotante

Tabella 1 – Errori asse di rotazione

FR_A [mm]	FT_A [mm]	FA_A [mm]	FR_B [mm]	FT_B [mm]	FA_B [mm]
0,011	0,011	0,011	0,015	0,030	0,029

ISO 10360-3 [7], norma per la verifica del 4° asse delle CMM. L'applicabilità allo scanner risulta tuttavia problematica, poiché non vi sono prescrizioni di natura ottica relativamente al campione da utilizzare, lo scanner non è un sistema cartesiano, l'acquisizione avviene attraverso la scansione di una nuvola di punti e non di singoli punti. Pertanto si è progettato e costruito un campione con due sfere in acciaio inox trattate con l'acido; il fissaggio e il posizionamento delle stesse è in accordo con la norma sopra citata.
La procedura, sviluppata appositamente per la cinematica dello scanner, prevede di scansionare le superfici delle sfere in 29 diverse posizioni angolari ottenute ruotando la tavola attorno all'asse z e successivamente di elaborare la nuvola di punti ottenuta calcolando le coordinate dei centri delle sfere. Gli errori sono determinati come variazione massima delle coordinate nelle 3 direzioni: radiale (FR), tangenziale (FT), assiale (FA).
I valori degli errori ottenuti sono inferiori ai 30 μm in tutte le direzioni. Gli stessi risultati sono stati ottenuti dai partner del progetto che hanno implementato e validato la procedura.
Per verificare le prestazioni metrologiche dello scanner laser ci si è ispirati alle norme ISO 10360-2 [8] e alla linea guida VDI/VDE 2617 – parte 6.2:2005 [9]. In entrambi i casi le prestazioni del sistema sono valutate considerando due parametri: MPEP = errore massimo ammissibile di tastatura; MPEE = errore massimo ammissibile di indicazione. Il campione utilizzato è una ball bar con sei sfere in allumina di diametro pari a 10 mm. Il campione e la procedura di verifica sono stati sviluppati appositamente per lo scanner. La procedura prevede di scandire tutte le sfere in 3 posizioni angolari per 3 diverse posizioni di swing sia fisso che variabile. Infatti durante la scansione è possibile ruotare in modo continuo la tavola rotante attorno all'asse x (swing), ampliando la visuale dei sensori CCD e di conseguenza la calotta di sfera scansionata. Tutte le misurazioni sono state ripetute 3 volte. Dopo aver elaborato la nuvola di punti con sfere di fitting si è calcolato lo scostamento massimo dei punti dalla sfera ideale.
L'errore di tastatura (PF = raggio massimo – raggio minimo) risulta essere fortemente influenzato dalla presenza di *outliers* che vengono eliminati filtrando la nuvola di punti (PFmedio_punti_grezzi= 0,113 mm; PFmedio_nuvola_filtrata= 0,088 mm) [10].
L'errore di distanza delle sfere prevede di calcolare la differenza fra distanza misurata e distanza tarata delle 5 sfere rispetto alla sfera origine. Tali misurazioni sono state effettuate in 7 diverse posizioni nel volume di misura, sfruttando sia la rotazione attorno all'asse z che lo swing della tavola rotante, sia swing fisso che variabile. Tutte le misure sono state ripetute 3 volte, per un totale di 105. Sfruttando la possibilità del sistema di effettuare la scansione a swing variabile, le prestazioni dello scanner risultano migliori poiché la capacità dello strumento di sovrapporre diverse viste permette di eliminare alcuni outliers e correggere la posizione errata di qualche punto.
L'errore di distanza, però, non corrisponde all'errore di indicazione poiché è una misura unidirezionale, mediata su molti punti e non comparabile con misure punto-punto di blocchetti pianparalleli. Per potere scandire un blocchetto pian parallelo con lo scanner è necessario modificarne le proprietà ottiche; a tal proposito la superficie del blocchetto è stata trattata con l'acido. Successivamente il blocchetto è stato tarato con una CMM e scandito 5 volte con lo scanner laser, in entrambi i casi è stato adottato lo stesso allineamento. Per quantificare l'errore di misura di lunghezza si è calcolata la differenza fra lunghezza misurata e lunghezza tarata di due facce parallele. L'errore di indicazione risulta pertanto essere la somma dell'errore di lunghezza così determinato, con l'errore di distanza delle sfere precedentemente misurato [9].
Per valutare l'incertezza di misura dello scanner laser è stata utilizzata una procedura derivata dalla norma ISO/TS 15530-3 [11], che prevede l'utilizzo di un campione tarato, simile al pezzo da misurare. Per valutare l'incertezza di misura è stato scelto di studiare un caso specifico: la misura del diametro e della cilindricità di un pezzo cilindrico. Il pezzo è stato dapprima tarato su

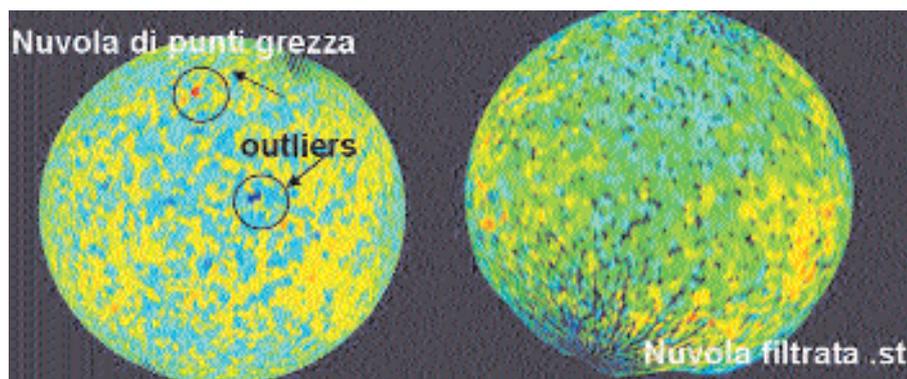



Figura 3 – Nuvola di punti grezza e filtrata

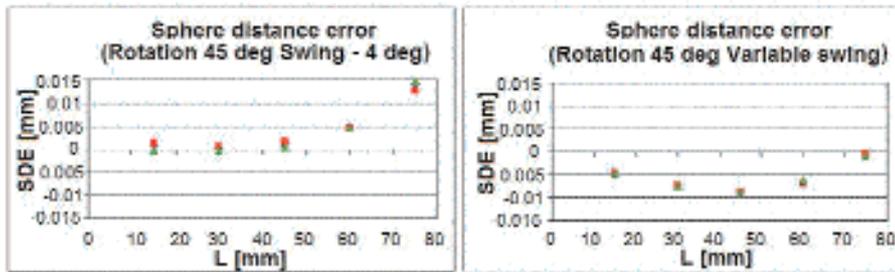



Figura 4 – Confronto errore di distanza a swing fisso e a swing variabile

CMM e successivamente scandito 20 volte con lo scanner. La nuvola di punti ottenuta dallo scanner è stata elaborata in modo da riprodurre la stessa strategia di misura adottata durante la taratura. Utilizzando i punti grezzi si nota che il valore di diametro è simile a quello fornito dalla CMM mentre i valori di errore di forma sono decisamente superiori a quelli di taratura. Questo succede poiché il diametro è un valor medio, determinato utilizzando molti punti, mentre l'errore di forma è calcolato utilizzando solo i punti estremi: la massima e la minima deviazione dal cilindro di regressione (nel caso analizzato). In queste condizioni, senza l'utilizzo di filtri, gli outliers influenzano e peggiorano notevolmente le prestazioni dello scanner (Udiametro = 0,007 mm; Uerrore di forma = 0,068 mm) [10].

CONCLUSIONI

Prendendo spunto da linee guida internazionali e norme per le CMM si sono sviluppati campioni e procedure per la verifica metrologica di uno scanner laser 3D. Dallo studio sulle proprietà ottiche di diversi materiali è emerso che quelli più cooperativi, e candidati a costituire i campioni per le verifiche dello scanner, sono l'allumina e l'acciaio trattato con acido per renderne la superficie quasi lambertiana. Per la verifica della tavola rotante è stato progettato un campione con due sfere in acciaio inox trattato con acido. La procedura, creata appositamente per la cinematica dello scanner, è stata implementata e validata ottenendo per l'attuale strumento errori inferiori ai 30 μm. Per la verifica delle prestazioni e stata sviluppata una ball bar con 6 sfere in allumina. La procedura sviluppata contiene indicazioni precise sulle posizioni di scansione e il filtraggio della nuvola di punti. L'errore d'indicazione, indispensabile per specificare le prestazioni dello scanner, deve essere calcolato sommando l'errore di distanza delle sfere con l'errore di indicazione valutato su un blocchetto pian parallelo. Per calcolare l'incertezza di misura, indispensabile per la riferibilità metrologica, è possibile applicare un approccio derivato dalla norma ISO/TS 15530-3. Si è osservato che per l'attuale scanner l'incertezza di misura di diametro è contenuta (Udiametro = 0,007 mm) poiché è una misura mediata su molti punti, mentre l'incertezza di forma è un ordine di grandezza superiore (Uerrore di forma = 0,068 mm). Per la ripetibilità dei risultati risulta essere fondamentale la definizione delle modalità di filtraggio della nuvola di punti acquisita.

BIBLIOGRAFIA

[1] **www.3Shape 3D Scanners - D-250.htm**
[2] W. Koch, et al., *Optische Meßtechnik an technischen Oberflächen,* Expert Verlag, 1998.
[3] Carmignato S., et al., *Development of an innovative laser scanner for geometrical verification of metallic and plastic parts*. 18th IMEKO TC2 Int. Symposium on Photonics in Measurements. Prague, 25-26 August 2008.
[4] E. T. de la Perrelle, H. Herbert, *The measurement of absorptivity and reflectivity,* Aeronautical research council, C.P. No. 601, 1962
[5] J. Forest Collado, *New methods for triangulation-based shape acquisition using laser scanners,* ISBN 84-689-3091-1, 2005.
[6] *VDI/VDE 2634 Part 2, Optical 3-D measuring systems. Optical systems based on area scanning,* 2002.
[7] *ISO 10360-3, Geometrical Product Specifications (GPS) – Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM) - Part 3: CMMs with the axis of a rotary table as fouth axis,* 2000.
[8] *ISO 10360-2, Geometrical Product Specifications (GPS) – Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM) - Part 2: CMMs used for measuring size,* 2001.
[9] *VDI/VDE 2617 Part 6.2, Accuracy of coordinate measuring machines – Characteristics and their testing – Guideline for the application of DIN EN ISO 10360 to coordinate measuring machines with optical distance sensors,* 2005.
[10] *Carmignato S.; Savio E. (2010). "Metrological performance verification of coordinate measuring systems with optical distance sensors". Int. J. Precision Technology. In Press.*
[11] *ISO/TS 15530-3:2004, GPS – CMMs: Technique for determining the uncertainty of measurement – Part 3: Use of calibrated workpieces or standards,* International Organization for Standardization, Geneva, 2004.

Raffaella Novello ha conseguito la Laurea Specialistica in Ingegneria Meccanica presso l'Università di Padova con voti 110/110 e lode. Dopo una breve esperienza in Forgital Italy come apprendista per il conseguimento della mansione di "Aerospace forging specialist", dal 2008 lavora presso l'azienda Polidoro S.p.A. nel dipartimento di Ricerca e Sviluppo con la mansione di project leader, ricercatore e supporto alla Qualità per la gestione, taratura e manutenzione degli strumenti di misura del laboratorio.

Emilio Borchi[1], Riccardo Nicoletti[2], Gaetano Iuculano[3]

Il patrimonio strumentale del Liceo Reale di Lucca

Parte IV – Gli apparecchi per l'Idrogeno

THE INSTRUMENTAL TREASURE OF THE ROYAL LYCAEUM OF LUCCA – PART IV: HYDROGEN APPARATUSES
Continuation of the series of articles on the treasure of the Royal Lyceum of Lucca, this article covering the apparatuses for Hydrogen.

RIASSUNTO
Quarto articolo della serie riguardante il Tesoro di strumenti di misura antichi conservati nel Liceo Reale di Lucca. Questo articolo copre gli apparecchi per l'Idrogeno.

GLI APPARECCHI PER L'IDROGENO

Lo strumento più conosciuto durante le prime esperienze col l'idrogeno è la ***pistola di Volta***. Ad Alessandro Volta si deve la scoperta nel 1776 dell'aria infiammabile nativa delle paludi (gas metano). Lo studio sperimentale delle proprietà delle arie infiammabili (includendo in esse anche la miscela di aria atmosferica e idrogeno) lo portò alla costruzione di pistole, bombe e moschetti ad aria infiammabile costituiti da recipienti di metallo o di vetro robusto all'interno dei quali penetrano due punte metalliche mantenute a potenziali elettrici diversi. Tra esse viene fatta scoccare la scintilla elettrica che determina lo scoppio del gas detonante contenuto nei recipienti stessi. L'esplosione può essere provocata sia da vicino (scintilla di un elettroforo), sia da lontano (scarica di una bottiglia di Leida collegata con fili o catenelle metallici). Il gas detonante è un miscuglio di idrogeno (aria infiammabile metallica) o di metano (aria infiammabile delle paludi) con aria atmosferica od ossigeno (aria deflogistificata).
Il Gabinetto di Fisica del Liceo Reale aveva una ricchissima collezione di pistole e cannoni di Volta, che si è conservata quasi integralmente nel tempo.

La pistola "*chiusa a vite per dimostrare che il rumore della detonazione non è dovuto che all'entrata dell'aria*", proviene dalla collezione di Maria Luisa di Borbone acquistata dal costruttore Pixii (Fig. 13).

Figura 13 – Pistola chiusa a vite

La batteria di sei pistole (Fig. 14) sopra un piatto isolato e bottiglia di Leida al centro "*per fare la scarica a volontà*", detto anche *"artiglieria di Volta"*, del costruttore Pixii, è formata da una base circolare di legno che sorregge la colonnina di vetro sulla quale è fissato il piatto metallico verniciato di verde con decorazioni dorate. Nel centro del piatto si trova la bottiglia di Leida, verniciata di rosso e, attorno ad essa, le sei pistole di Volta, sempre verniciate di verde e decorate d'oro. Caricata la bottiglia di Leida e fatto il contatto elettrico tra la sua armatura interna e gli elettrodi delle pistole, si assiste all'esplosione provocata dall'aria infiammabile contenuta in esse.
Nel ***cannone di Volta*** (Fig. 15) sopra un isolatore una base di legno reca una colonna di vetro sulla quale è fissato, con un giunto snodabile, un cannone di ottone. Vicino alla culatta, ma isolato con ceralacca dal corpo del cannone, è fissato un elettrodo. Collegando l'elettrodo con il conduttore della macchina elettrostatica ha luogo all'interno del cannone una scintilla che fa esplodere il gas infiammabile (miscela di aria atmosferica e idrogeno) introdotto in precedenza. L'esplosione scaglia lontano il sughero che tappa la bocca dell'arma.

[1] Dip. di Energetica – Università di Firenze
emilio.borchi@unifi.it

[2] CSO srl – Costruzione Strumenti Oftalmici, Badia a Settimo (FI)
r.nicoletti@csophthalmic.com

[3] La rubrica dedicata agli Strumenti Scientifici Antichi fu ideata insieme al Prof. Gaetano Iuculano, prematuramente scomparso. Ci preme ricordarlo, in particolare in questa occasione, come un appassionato amante della storia della Scienza. Desideriamo esprimere qui il nostro più affettuoso ricordo del caro Gaetano.

Figura 14 – Batteria di sei pistole

Figura 15 – Cannone di Volta

Nella figura seguente viene mostrata una bellissima lampada di Volta a idrogeno (Fig. 16). La lampada a idrogeno fu inventata dallo scienziato comasco verso il 1777, divenendo in breve molto diffusa. Egli l'annunciò al marchese Castelli in una lettera del maggio 1777 scrivendo che pensava *"… a costruire una lucerna ad aria infiammabile, che dilettevole senza meno, ma forse anche utile in qualche modo riuscir debba…"*. Lo strumento del Volta costruito dal Pixii ha la forma tradizionale, con base di ottone e collare di ottone fornito di rubinetto, che i costruttori francesi avevano adottato dalla fine del Settecento. Sopra al rubinetto fuoriesce un tubo che termina con un ugello. Ai lati di esso due elettrodi formano uno spinterometro, e un tubetto d'ottone funziona da portacandela.

Figura 17 – Dispositivo per caricare la lampada del Volta

Nel collare di ottone sopra il rubinetto è inserito un vaso che durante il funzionamento veniva riempito d'acqua. Il globo di vetro veniva riempito di idrogeno dal basso, quindi veniva chiuso il rubinetto sotto al globo ed aperto quello dell'acqua. L'idrogeno veniva espulso dall'ugello a causa della pressione dell'acqua che riempiva il globo. Toccando con il piattello di un piccolo elettroforo il pomello di ottone collegato a uno degli elettrodi si produceva una scintilla che infiammava l'idrogeno. A sua volta la fiammella dell'idrogeno accendeva la candela posta davanti.

Figura 16 – Lampada del Volta

Il dispositivo per caricare la lampada di Volta è mostrato nella Fig. 17. Fin dall'inizio dell'Ottocento venivano costruiti appositi apparecchi per la produzione dell'idrogeno. Per scopi di laboratorio, sia per riempire piccoli palloni aerostatici, sia per caricare la lucerna di Volta, presso il Liceo Reale si aveva a disposizione un dispositivo, formato da due recipienti di metallo collegati tra di loro da un cannello sagomato di latta. Nel primo recipiente, di piombo, riempito di acqua e trucioli di zinco, veniva versato acido solforico. L'idrogeno che si formava per reazione chimica passava nel secondo recipiente attraverso il tubo di latta e veniva fatto gorgogliare nell'acqua per purificarsi dall'eventuale presenza dell'acido solforico. Per il caricamento della lampada a idrogeno, la sua base allargata veniva poggiata nel mezzo della bacinella ripiena d'acqua, posta sopra il vaso di depurazione. Il gas saliva attraverso il rubinetto aperto entro il globo di vetro della lampada.
L'apparato inverniciato per riempire la lampada di Volta è stato costruito probabilmente da Pixii nel 1819.
Viceversa di Pixii è sicuramente la bottiglia per l'idrogeno. L'apparecchio, indicato nei vecchi inventari come " *apparato di vetro contenente un cilindro di zinco per riempire la*

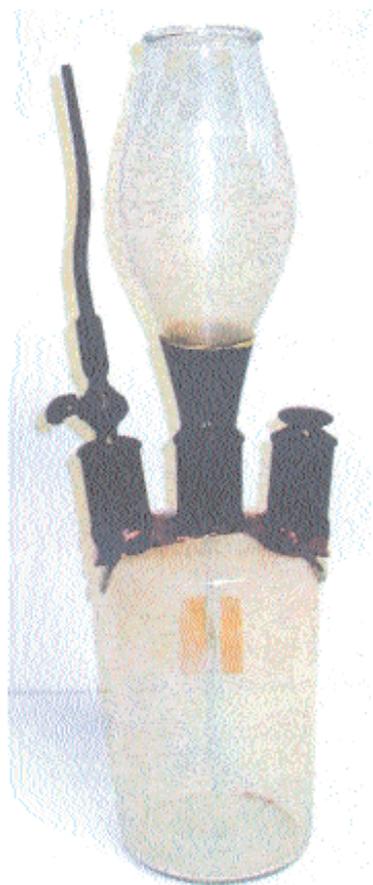



Figura 18 – "Lampada filosofica" del Pixii

pistola e la viscica ", è chiamato anche ***"lampada filosofica"*** (Fig. 18). In esso veniva inserito un cilindretto (o anche limatura) di zinco. Successivamente dal recipiente in alto veniva fatto scendere acido solforico diluito. L'idrogeno prodotto nella bottiglia dalla reazione chimica, fatto uscire dal beccuccio di ottone provvisto di rubinetto, serviva a riempire le pistole del Volta oppure veniva utilizzato in esperienze semplici insieme all'ossigeno per la composizione dell'acqua. Si adoperava allo scopo un apparecchio costituito da un globo di vetro provvisto nella parte superiore di una ghiera di forma cilindrica, alla quale erano saldati tre tubi di ottone provvisti di rubinetto. Due tubi servivano per introdurre nel globo l'idrogeno e l'ossigeno nelle proporzioni volute; al terzo tubo veniva collegato un manometro per misurare la pressione dei gas residui. Dall'alto penetrava nell'interno del globo un elettrodo isolato dalla ghiera e tra questo e un altro elettrodo collegato alla ghiera stessa veniva fatta scoccare la scintilla elettrica per mezzo di una macchina elettrostatica. A seguito della scarica elettrica si osservava sul fondo del globo la formazione di goccioline d'acqua.

BIBLIOGRAFIA GENERALE

1. T. Lane, *Description of al electrometer invented by MR. Lane with account of some experiments of him with it,* Philosophical Transactions of the Royal Society, London, 1767.
2. T. Cavallo, *An account of some new experiments in electricity with the description and use of two new electrical instruments,* Philosophical Transactions of the Royal Society, London, 1780.
3. C. A. de Coulomb, *Sur l'électricité et le magnetisme, premier mémoire, construction et usage d'une balance électrique fondée sur la propriété qu'ont les fils de métal d'avoire une force de torsion proportionelle a l'angle de torsion,* Mémoires de l'Academie Royale des Sciences, Paris, 1785.
4. J. Priestley, *An account of a new electrometer contrived by Mr. William Henley, and of several electrical experiments made by him,* Philosophical Transactions of the Royal Society, London, 1772.
5. H. B. de Saussure, *Voyage dans les Alpes,* Neuchâtel, 1786.
6. A. Bennet, *Description of a new electrometer.* Philosophical Transactions of the Royal Society London, 1787.
7. L. Nobili, *Comparaison entre les deux galvanomètres les plus sensibles, la grenouille et le multiplicateur à deux aiguilles, suivie de quelques résultats nouveaux,* Annales de Chimie et de Physique, Paris, 1828.
8. L. Nobili, *Memorie e osservazioni edite e inedite del Cavaliere Leopoldo Nobili, colla descrizione ed analisi de' suoi apparati e istrumenti,* Firenze, 1834.
9. D. Scinà, *Elementi di Fisica Particolare,* Milano, 1842-1843.
10. L. Nobili, M. Melloni, *Recherches sur plusieurs phénoménes calorifiques entreprises au moyen du thermo-multiplicateur,* présenté à l'Académie des Sciences le 5 septembre 1831, Paris 1831.
11. C. Wolf, Atti dell'I.e R. Accademia dei Georgofili, Firenze, 1831, A. Ganot, *Trattato elementare di Fisica Sperimentale ed Applicata e di Meteorologia,* Milano, 1862.
12. E. Borchi, R. Macii e G. Ricci, *L'idrogeno dalle origini ad oggi,* Lucca, 2003.

NEWS ■

MISURARE LE FORZE DI PRESSIONE E TRAZIONE IN MODO SEMPLICE, PRECISO ED ECONOMICO

Il nuovo trasduttore di forza *S9M* di HBM permette di misurare con maggiore precisione le forze di pressione e trazione. Questo strumento, il cui funzionamento è basato su estensimetri (DMS), presenta una cosiddetta geometria di tipo S, che permette di ottenere precisioni estremamente elevate, raggiungendo la classe di precisione 0,02 (il precedente modello *S9* aveva una classe di precisione pari a 0,05).
Influssi parassiti, ad esempio forze trasversali o coppie torcenti, vengono ottimamente compensati accrescendo così l'affidabilità della misurazione. Altrettanto semplice è l'integrazione del trasduttore in un'applicazione. Il trasduttore è insensibile anche agli influssi termici, anche in presenza di gradienti termici. *S9M* è disponibile in diversi campi di potenza nominale, da 500 N fino a 50 kN.
Il trasduttore *S9M* è un prodotto OEM, quindi idoneo per diverse applicazioni: banchi e macchine di prova, tester di durezza e altri impieghi nel campo sperimentale. La sua elevata classe di precisione (0,02) contribuisce anche al miglioramento dei prodotti, spiegando così l'ottimo rapporto prezzo-rendimento offerto ai clienti OEM.

Ulteriori informazioni sono reperibili all'indirizzo web **www.hbm.com**

T U T T O _ M I S U R E
Anno XII - n. 3 - Settembre 2010

Sped. in A.P. - 45% - art. 2 comma 20/b legge 662/96 - Filiale di Torino

Videoimpaginazione: la fotocomposizione - Torino

Stampa: La Grafica Nuova - Torino

Autorizzazione del Tribunale di Casale Monferrato n. 204 del 3/5/1999.
I testi firmati impegnano gli autori.

A&T - sas
Direzione, Redazione,
Pubblicità e Pianificazione
Via Palmieri, 63 - 10138 Torino
Tel. 011 0266700 - Fax 011 5363244
E-mail: info@affidabilita.eu
Web: www.affidabilita.eu

Direzione Editoriale: Luciano Malgaroli Massimo Mortarino

NEL PROSSIMO NUMERO

- Misure sull'ambiente e il costruito
- Misure meccaniche
- Misure del colore

E molto altro ancora

ABBIAMO LETTO PER VOI ■

La Redazione di Tutto_Misure (franco.docchio@ing.unibs.it)

MEASUREMENTS AND THEIR UNCERTAINTIES – A PRACTICAL GUIDE TO MODERN ERROR ANALYSIS

di **Ifan Hughes** e **Thomas Hase**
Oxford University Press
152 pagine
ISBN 978019956633: € 19,95, 01 July 2010

Un trattato sintetico e di facile lettura, per una introduzione alla teoria degli errori, con enfasi sull'analisi numerica e sull'interpretazione di dati sperimentali. Il testo è un prezioso strumento per studenti dei corsi di laurea e ricercatori, contiene informazioni "rules-of-thumb" e riferimenti.

GLI AUTORI

Ifan Hughes è docente e ricercatore all'Università di Durham e si occupa della fisica di atomi e molecole fredde e di spettroscopia non lineare.

Thomas Hase è Professore Associato all'Università di Warwick dal 2007.

MACHINE VISION ALGORITHMS AND APPLICATIONS

di **Carsten Steger, Markus Ulrich** e **Christian Wiedemann**
Wiley – WCH Verlag GmbH
360 pagine
ISBN 9783527407347: € 51,69, 2008

Un libro di testo per studenti universitari e operatori nel campo della *machine vision* (MV). Descrive le tecnologie di supporto alla MV in dettaglio e in modo completo. Tra gli argomenti trattati: acquisizione delle immagini (illuminazione, obiettivi, fotocamere, grabbers, bus), algoritmi (strutture dati, enhancement di immagini, taratura delle telecamere e fotocamere, colore, texture, ecc.), Applicazioni.

GLI AUTORI

Carsten Steger è co-fondatore (1997) e responsabile R&D della Società MVtec di Monaco, e Lecturer alla Technische Universität München, dove insegna *Machine Vision*.

Markus Ulrich è software engineer (dal 2003) presso la divisione R&D della Società MVtec di Monaco, e Lecturer alla Technische Universität München, dove insegna fotogrammetria in *close range*.

Christian Wiedemann è anch'egli software engineer (dal 2003) presso la divisione R&D della Società MVtec di Monaco.